

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR

NEKAZARITZAKO INGENIARIEN

DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO

**PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN REGADÍO
EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU (NAVARRA)**

presentado por

ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIAK

aurkeztua

INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS

NEKAZARITZAKO INGENIARI TEKNIKO
NEKAZARITZA ETA ABELTZAINZA USTIAPENAK
BEREZITASUNA

Junio, 2016 / 2016, Ekain

RESUMEN

En este proyecto fin de carrera se realizan los cálculos y estudios necesarios para transformar un secano de 1,6 hectáreas situado en la parcela 770 del polígono 3, municipio de Mañeru (Valdizarbe, Navarra), merindad de Estella, en un regadío localizado por goteo de almendros.

En la actualidad, la parcela objeto de transformación está dedicada al cultivo de cereal y se estima que una de las opciones para incrementar los ingresos sería la transformación de la misma en regadío. Analizado el mercado y considerando las características de la zona, se estima que el cultivo del almendro, el cual, en los últimos 15 años ha experimentado un gran auge, podría ser una excelente alternativa. Se ha optado por un riego localizado de alta frecuencia debido a su eficiencia frente a otros sistemas.

Conjuntamente, y con objeto de llevar a cabo la correcta realización del presente proyecto, se han realizado diversos estudios referentes a la climatología de la zona, edafología, necesidades hídricas del cultivo, calidad del agua, cálculo de la obra para la red de distribución y estudio de viabilidad económica.

PALABRAS CLAVE

Secano, Regadío, Riego, Localizado, Almendro

**PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN
REGADÍO EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU
(NAVARRA)**

**DOCUMENTO N° 0
ÍNDICE GENERAL**

AUTOR: ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA

JUNIO, 2016

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO N° 1: Memoria

1.	OBJETO DEL PROYECTO	1
2.	ANTECEDENTES	1
3.	LOCALIZACIÓN	1
4.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	3
4.1.	Geología y suelo.	3
4.2.	Climatología	3
4.3.	Calidad del agua de riego	4
4.4.	Material vegetal	4
4.5.	Balance hídrico.	5
4.5.1.	<i>Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o).</i>	6
4.5.2.	<i>Determinación de los coeficientes de cultivo (K_c).</i>	6
4.5.3.	<i>Cálculo de las necesidades de agua del cultivo</i>	7
4.6.	Sistema y estrategia de riego adoptada.	7
4.6.1.	<i>Tubería primaria.</i>	7
4.6.2.	<i>Tubería terciaria</i>	8
4.6.3.	<i>Tuberías laterales</i>	8
4.7.	Estudio económico y financiero	8
4.8.	Presupuesto	9
5.	BIBLIOGRAFÍA	9

DOCUMENTO N° 2: Anejos

Anejo n°1: Análisis edáfico

1.	INTRODUCCIÓN.	1
2.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.	1
3.	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO.	2
3.1.	Descripción del perfil del suelo.	2
4.	ANÁLISIS QUÍMICO.	4
4.1.	Análisis químico.	4
4.2.	Discusión de los resultados.	4
5.	ANÁLISIS FÍSICO.	7
5.1.	Clasificaciones texturales.	7

5.2. Discusión de los resultados.	8
-----------------------------------	---

Anejo nº2: Análisis agroclimático

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS	1
2.1. Características térmicas:	1
2.2. Características pluviométricas.	2
3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA	3
3.1. Tipo de invierno	3
3.2. Tipos de verano.	5
3.3. Régimen hídrico:	6
4. CONCLUSIONES:	7

Anejo nº3: Análisis del agua de riego

1. PROCEDENCIA DE LOS DATOS DEL ANÁLISIS.	1
2. FACTORES LIMITANTES	1
3. RESULTADOS ANALÍTICOS	2
4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	3
4.1. pH	3
4.2. Contenido total en sales	3
4.3. Iones	4
4.3.1. <i>Cloruro</i>	4
4.3.2. <i>Potasio</i>	4
4.3.3. <i>Sodio</i>	4
4.3.4. <i>Sulfato</i>	4
4.4. Relación de absorción de Sodio (S.A.R.)	4
4.5. Coeficiente alcalimétrico (Índice de Scott)	5
4.6. Carbonato sódico residual	6
4.7. Dureza	7
5. CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO.	8
5.1. Directrices FAO para interpretar la calidad del agua de riego.	8
5.2. Riesgo de obstrucción en riego localizado (FAO).	10

Anejo nº4: Material vegetal

1. SELECCIÓN DE LA VARIEDAD.	1
1.1. Características agronómicas	2

1.2.	Características comerciales.	3
2.	SELECCIÓN DEL PORTAINJERTO	3

Anejo nº5: Necesidades hídricas y diseño agronómico

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN	1
2.1.	Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o):	1
2.2.	Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET _c):	2
2.3.	Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET _c aj):	2
2.4.	Ecuación de FAO Penman-Monteith	3
2.5.	El coeficiente del cultivo, K _c	4
2.6.	Evapotranspiración del cultivo, ET _c	6
3.	PRECIPITACIÓN	7
4.	NECESIDADES DE AGUA	7
4.1.	Necesidades netas (N _n)	7
5.	NECESIDADES TOTALES (N _t):	9
6.	DISEÑO AGRONÓMICO.	12
6.1.	Diseño agronómico.	12
6.1.1.	<i>Datos previos.</i>	12
6.1.2.	<i>Superficie mojada por emisor.</i>	14
6.1.3.	<i>Número de emisores por planta.</i>	14
6.1.4.	<i>Intervalo entre riegos.</i>	14
6.1.5.	<i>Tiempo de riego.</i>	15

Anejo nº6: Diseño hidráulico

1.	DISEÑO HIDRÁULICO.	1
1.1.	Límites de utilización del proyecto.	1
1.2.	Simbología y unidades empleadas.	1
1.3.	Tolerancia de caudales.	2
1.4.	Tolerancia de presiones.	2
1.5.	Cálculo de laterales.	3
1.6.	Cálculo de terciaria.	7
1.7.	Cálculo de primaria.	8
1.8.	Diseño y cálculo del cabezal y tubería de impulsión.	10
1.8.1.	<i>Cabezal de riego y tubería de impulsión.</i>	10

1.8.1.1.	Difusor.	11
1.8.1.2.	Ventosa.	11
1.8.1.3.	Válvulas de retención.	12
1.8.1.4.	Válvulas de alivio.	12
1.8.1.5.	Válvula de compuerta (Válvula de regulación).	12
1.8.1.6.	Hidrociclón.	13
1.8.1.7.	Equipo de fertirrigación.	14
1.8.1.8.	Filtros de malla.	14
1.8.1.9.	Contador.	18
1.8.2.	<i>Cálculo de la tubería de impulsión.</i>	18
1.8.3.	<i>Altura manométrica de impulsión.</i>	18
1.9.	Bomba de impulsión	19

Anejo nº7: Análisis económico y financiero

1.	INTRODUCCIÓN.	1
2.	INGRESOS	1
3.	GASTOS	3
4.	FLUJOS DE CAJA	6
5.	VALOR ACTUAL NETO, V.A.N.	7
6.	TASA INTERNA DE RENDIMIENTO, T.I.R.	7

DOCUMENTO Nº 3: Planos

DOCUMENTO Nº 4: Pliego de condiciones

1.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA	1
	CAPÍTULO I: De la explotación	1
	CAPÍTULO II: De los productos fitosanitarios	1
	CAPÍTULO III: De los fertilizantes	2
	CAPÍTULO IV: De la maquinaria	3
	CAPÍTULO V: Del riego	4
	CAPÍTULO VI: De las condiciones que deben reunir los materiales	4
	CAPÍTULO VII: Ejecución de las obras	6
2.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA	8
	CAPÍTULO I: Obligaciones y derechos del contratista	8
	CAPÍTULO II: Recepción de las instalaciones	9
	CAPÍTULO III: Facultades de la dirección de ejecución	10

3.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA	11
	CAPÍTULO I: Base fundamental	11
	CAPÍTULO II: Garantía de cumplimiento y fianza	11
	CAPÍTULO III: Precios y revisiones	12
	CAPÍTULO IV: Valoración y abono de los trabajos	13
4.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL	16
	CAPÍTULO I: Condiciones de índole legal	16

DOCUMENTO N° 5: Estado de mediciones y presupuesto

1.	ESTADO DE MEDICIONES	1
1.1.	RED DE DISTRIBUCIÓN	1
1.1.1.	Movimiento de tierras:	1
1.1.2.	Tuberías:	1
1.1.3.	Gotos	2
1.1.4.	Mecanismos	2
1.1.5.	Equipo de bombeo	3
1.1.6.	Material vegetal	3
2.	PRECIOS UNITARIOS	4
2.1.	RED DE DISTRIBUCIÓN	4
2.1.1.	Movimiento de tierras:	4
2.1.2.	Tuberías:	4
2.1.3.	Gotos	5
2.1.4.	Mecanismos	5
2.1.5.	Equipo de bombeo	6
2.1.6.	Material vegetal	6
3.	PRESUPUESTO PARCIAL	7
3.1.	RED DE DISTRIBUCIÓN	7
3.1.1.	Movimiento de tierras:	7
3.1.2.	Tuberías:	8
3.1.3.	Gotos	8
3.1.4.	Mecanismos	9
3.1.5.	Equipo de bombeo	10
3.1.6.	Material vegetal	10
4.	PRESUPUESTO GENERAL	11

**PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN
REGADÍO EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU
(NAVARRA)**

**DOCUMENTO N° 1
MEMORIA**

AUTOR: ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA

JUNIO, 2016

Memoria

ÍNDICE

1.	OBJETO DEL PROYECTO	1
2.	ANTECEDENTES	1
3.	LOCALIZACIÓN	1
4.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	3
4.1.	Geología y suelo.	3
4.2.	Climatología	3
4.3.	Calidad del agua de riego	4
4.4.	Material vegetal	4
4.5.	Balance hídrico.	5
4.5.1.	<i>Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo).</i>	6
4.5.2.	<i>Determinación de los coeficientes de cultivo (Kc).</i>	6
4.5.3.	<i>Cálculo de las necesidades de agua del cultivo</i>	7
4.6.	Sistema y estrategia de riego adoptada.	7
4.6.1.	<i>Tubería primaria.</i>	7
4.6.2.	<i>Tubería terciaria</i>	8
4.6.3.	<i>Tuberías laterales</i>	8
4.7.	Estudio económico y financiero	8
4.8.	Presupuesto	9
5.	BIBLIOGRAFÍA	9

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto fin de carrera como conjunto de documentos es, la transformación de una parcela de 1,61 hectáreas dedicada al cereal de secano, en un regadío dedicado al cultivo de almendros.

Se parte del supuesto de que una persona propietaria de las 1,61 hectáreas antes citadas, nos encomienda el trabajo de realizar el proyecto del diseño de una plantación extensiva de almendros y de su instalación de riego.

El agua para el riego se obtendrá mediante una toma de bombeo a través de un pozo de sondeo situado en la misma parcela. El nivel de la capa freática (estimado por coincidencia con la lámina superficial de agua del río Arga) se encuentra a una distancia de la superficie de unos 10 metros en la época del estiaje.

El sistema de riego utilizado es el riego localizado de alta frecuencia.

En este proyecto se realizarán diferentes estudios referentes a la climatología de la zona, edafología, necesidades hídricas del cultivo, calidad del agua, red de distribución y estudio de viabilidad económica.

2. ANTECEDENTES

La parcela objeto de la transformación está actualmente cultivada de cereal de secano en una rotación anual por un único propietario.

3. LOCALIZACIÓN

La zona que se va a transformar de secano en regadío comprende una superficie de 1,61 hectáreas, y está situada en la provincia de Navarra (zona media) en el término municipal de Mañeru, que pertenece a la merindad de Estella (Plano nº1 “Plano de localización” y plano nº 2 “Plano de situación”). La parcela objeto de transformación, está bien comunicada por la autovía (A12) que llega hasta la localidad de Mañeru y por un camino de concentración parcelaria (calle del sol) que parte desde el citado pueblo.

La zona de proyecto está en la latitud 42,38° Norte y longitud 1,50° Oeste.

El término municipal de Mañeru limita al norte con Guirguillano, al este con

Artazu y Puente la Reina, al sur con Mendigorriá y al oeste con Cirauqui.

Como se puede apreciar en las Figuras 1 y 2, esta zona se encuentra situada en una terraza del río Arga.

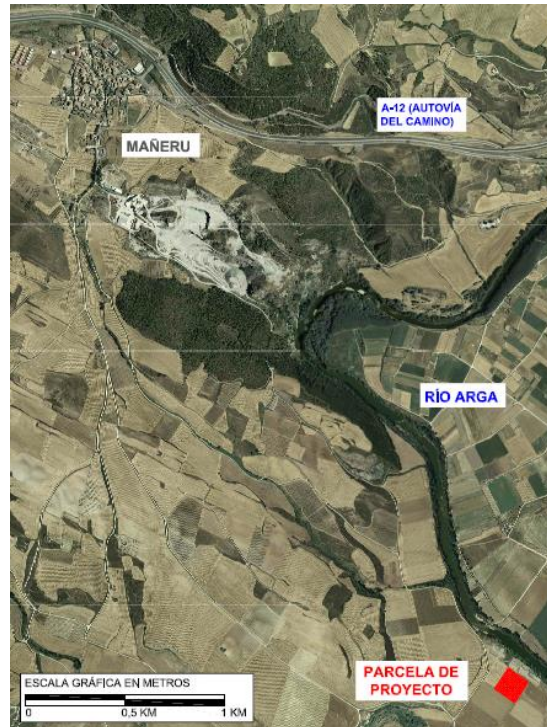


Figura 1: Situación parcela respecto a núcleos urbanos

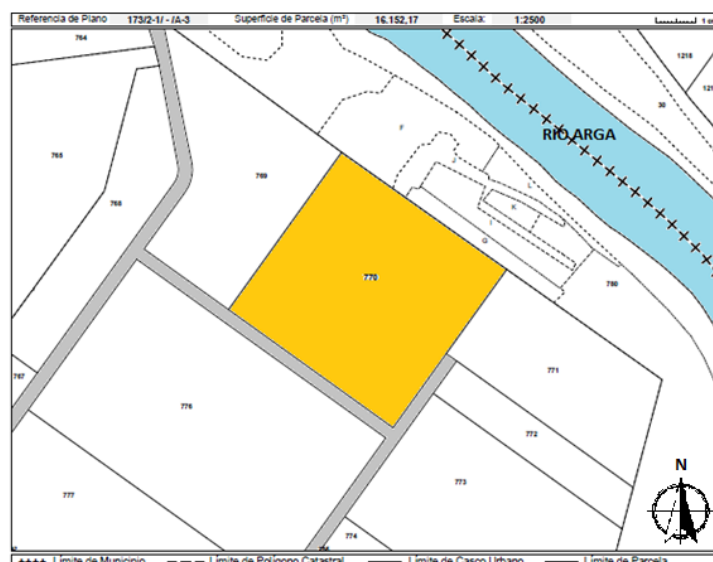


Figura 2: Croquis de situación

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

4.1. Geología y suelo.

Según la hoja de geología de Navarra la zona del proyecto pertenece a terrazas bajas formadas por gravas, arenas y limos del Cuaternario (Holoceno).

Así mismo, se ha realizado un estudio edafológico de la zona con el fin de asegurar que el terreno está dentro de los límites tanto para el cultivo como para el riego del mismo.

Analizándolo se puede observar que el suelo dispone una textura arcillo-limosa y que presenta una estructura masiva en los primeros horizontes debido a la labranza y prismática a partir de estos. Los análisis químicos, catalogan este suelo como básico con ausencia de elementos gruesos y cabe destacar una alta presencia de calizas. En el Anejo 1 “Análisis edáfico” se detallan dichos estudios.

4.2. Climatología

El estudio climático de la parcela se ha realizado a partir de los datos de la estación manual de Puente la Reina, a través de la web de meteorología y climatología de Navarra que dispone el gobierno de Navarra.

La parcela a transformar se encuentra en una zona baja en la cuenca del río Arga, donde se registra una precipitación media de 566 mm al año, una temperatura media de 13.4 °C y un periodo libre de heladas de 4 de Mayo al 31 de Octubre.

Según la clasificación climática de Papadakis, la zona afectada por la transformación pertenece al grupo climático denominado Mediterráneo templado húmedo.

La plantación propuesta es una plantación de almendros cuyo factor más limitante es el riesgo de heladas en la época de floración, este problema se solucionará con la elección de una variedad de floración tardía por lo que no existen limitaciones climáticas para la plantación.

Este análisis se encuentra detallado en profundidad en el Anejo nº 2 “Estudio climático”.

4.3. Calidad del agua de riego

El agua necesaria para el riego se obtendrá del pozo de sondeo situado en la parcela objeto de transformación, junto al río Arga, un óptimo análisis requeriría la adquisición de las muestras en el mismo pozo, pero debido a la falta de recursos, se han analizado los datos ya existentes sobre el río Arga. Actualmente, la confederación hidrográfica del Ebro efectúa diversos análisis del agua en sus plantas situadas en Etxauri y en Falces. Por tanto, se decide emplear los análisis realizados aguas abajo de la parcela a transformar (Falces) creyendo que serán suficientes para descartar una deficiencia en el agua. En el caso de que dichos análisis resulten limitantes para el cultivo del almendro, convendría realizarlos en el mismo punto de extracción del agua de riego. Estos análisis han resultado favorables y se detallan en el Anejo nº3 “Análisis del agua de riego”

En la Tabla 1 se pueden observar los datos obtenidos.

Descripción (Unidad)	Valor
Tª agua (°C)	8,60
pH (pH)	7,67
Conductividad a 20°C (µS/cm)	699,03
Oxígeno disuelto (mg/L)	12,01
Turbidez (NTU)	6,07
Potencial redox (mV)	329,89
SAC (UV 254) (unid. Abs/m)	13,17
Nitratos (mgNO ₃ /L)	8,14

Tabla 1: Datos de calidad de agua

4.4. Material vegetal

La selección del material que se va a plantar, es seguramente la decisión de mayor importancia en una plantación de frutales ya que la vida de dicha plantación

asciende como mínimo a los 25 años, por ello, merece la pena tomarse un tiempo para elegir variedades y portainjertos.

En el caso del almendro, existe un problema principal que es la temprana floración de dicho frutal, el hecho de que florezca tan pronto no es un problema en climas cálidos y sin riesgo de heladas, pero en la zona de Navarra las heladas en febrero marzo suelen ser bastante habituales como hemos visto en el apartado de climatología. Es por ello, que la elección de una variedad de floración tardía ayudaría a completar la floración satisfactoriamente. Otro problema que generalmente ha originado la baja productividad de los almendros ha sido la autoincompatibilidad, por ello, siempre se ha necesitado una polinización cruzada además de diferentes vectores que ayudasen a la polinización, a través de la selección y mejora genética se han obtenido multitud de variedades autocompatibles y autofértiles.

Analizando estos requisitos y las diferentes características que proporciona cada variedad, como se dispone en el Anejo 4 “Material vegetal”, se ha seleccionado la variedad Vairo.

A su vez, la elección del patrón o portainjerto requiere mucha atención ya que en gran parte la adaptación de la plantación a la zona de cultivo depende de las características del portainjerto. El patrón seleccionado es el ya contrastado GF-677 ya que su vigor es adecuado al sistema de producción extensivo, el único inconveniente es que no tolera demasiado bien la asfixia radicular, problema que se subsanará mediante el aporcado de la plantación.

4.5. Balance hídrico.

Con objeto de poder determinar los caudales necesarios en la red de distribución y poder dimensionar la misma, se hace indispensable realizar en primer lugar el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo propuesto.

Estos cálculos se realizan en base a una metodología que se resume brevemente a continuación:

1. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) mediante las metodologías propuestas por Penman-Monteith.
2. Determinación del coeficiente de cultivo (K_c).

3. Cálculo de las necesidades de agua del cultivo a partir de los valores de ET_o , coeficientes de cultivo (K_c), precipitación efectiva (P_{ef}), eficiencia del riego (E_a) y una serie de correcciones debidas al riego localizado y al amplio marco de plantación.

4.5.1. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o).

El cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o) ha sido realizado mediante las metodologías propuestas por Penman-Monteith a partir de datos climatológicos representativos de la zona a estudio. Posteriormente, ambos procedimientos han sido comparados con los datos publicados por el Gobierno de Navarra en el denominado “Estudio agroclimático de Navarra” del año 2001. A continuación, se muestran la ET_o media de cada mes del año del periodo entre 1990 y 2014 y las medias anuales de todo el periodo (Tabla 2):

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
$ET_o(mm)$	10.8	13.5	30.0	44.2	75.5	109.7	135.1	128.1	86.6	51.8	22.6	11.7	719.5

Tabla 2: ET_o media mensual y anual

4.5.2. Determinación de los coeficientes de cultivo (K_c).

Este término hace referencia al tipo de cultivo seleccionado, a la fase de desarrollo en que se encuentre y a las condiciones climáticas que predominen en la zona. En este sentido, mientras la ET_o representa un indicador de la demanda climática, el valor de coeficiente de cultivo K_c varía principalmente en función de las características particulares del cultivo, variando únicamente en una pequeña proporción en función del clima. Normalmente, se distinguen tres etapas de crecimiento del cultivo que se muestran con detalle en el Anejo nº5 “Necesidades hídricas”. A continuación, se detallan los valores K_c utilizados para el cultivo propuesto (Tabla 3):

Almendro	
K_{ini}	0,2
K_{med}	0,85
K_{fin}	0,6

Tabla 3: Diferentes K_c para almendro

4.5.3. Cálculo de las necesidades de agua del cultivo

Para conocer las necesidades hídricas del cultivo, se han calculado los valores de evapotranspiración, la precipitación efectiva y se han obtenido datos relativos al cultivo como la profundidad de raíces o la capacidad de retención de agua. Una vez obtenidos todos los datos, y siguiendo el proceso recomendado por la FAO (Estudio nº56) y por Pizarro (1996), se ha determinado la dosis bruta de agua que será necesario aplicar al cultivo y su frecuencia.

Dichos cálculos determinan que se regará cada 2 días, 3 horas y 50 minutos, con 5 emisores por árbol de 4l/h de caudal, los cuales aplican un volumen de 28 l/emisor durante un tiempo de 3 horas y 15 minutos (Anejo nº5 “Necesidades hídricas y diseño agronómico”).

4.6. Sistema y estrategia de riego adoptada.

Para la realización del presente proyecto se ha elegido un sistema de riego localizado de alta frecuencia cuya eficiencia de aplicación es del 90%. Con el fin de obtener una adecuada uniformidad del riego, se ha empleado un sistema de riego que dispone de un lateral portagoteros en cada línea de plantación de almendros, con un gotero (4l/h) cada 1,5m. En el Anejo 5 “Necesidades hídricas y diseño agronómico”, se explican con más detalle estas decisiones.

En referencia al diseño de la parcela, cabe destacar que al ser una parcela reducida, se ha diseñado la parcela completa como una única unidad de riego.

El conjunto de obras necesarias para la realización del presente proyecto comprende las relativas a la red de distribución. En el Anejo nº6 “Diseño hidráulico”, se detallan los diferentes cálculos de tuberías con el fin de proporcionar un riego homogéneo a lo largo de todos los árboles de la parcela.

4.6.1. Tubería primaria.

Esta conducción fabricadas en Polietileno Expandido de Baja Densidad, a partir de ahora, PEBD, es la encargada de transportar el agua desde el cabezal de riego hasta los reguladores de presión. Se ha dimensionado en PEBD de 50mm de diámetro exterior y 40,8mm de diámetro interior. En el Plano N°3 “Red de distribución”, se

puede observar el trazado en planta y en el Anejo nº 6 “Diseño hidráulico”, se especifican con detalle las decisiones adoptadas.

4.6.2. Tubería terciaria

Esta tubería, fabricada en PEBD, es la encargada de transportar el agua desde el regulador de presión hasta los diferentes laterales. Según los cálculos realizados, se empleará tubería de diámetro exterior 40 mm e interior de 36,4 mm. En el Plano N°3 “Red de distribución” se puede observar el trazado en planta y en el Anejo nº 6 “Diseño hidráulico”, se especifican con detalle las decisiones adoptadas.

4.6.3. Tuberías laterales

Las tuberías laterales o portaemisores, también fabricadas en PEBD, son las tuberías que distribuyen el agua a las plantas por medio de los emisores acoplados a ellas. En este caso, se empleará tubería de diámetro exterior 12mm y diámetro interior 10,3mm. En el Plano N°3 “Red de distribución” se puede observar el trazado en planta y en el Anejo nº 6 “Diseño hidráulico”, se especifican con detalle las decisiones adoptadas.

4.7. Estudio económico y financiero

Previo a la realización de cualquier proyecto es imprescindible analizar la viabilidad económica del mismo. De esta forma, en cualquier proyecto, es de vital importancia realizar un análisis pormenorizado con el fin de justificar el plazo en que se recuperará la inversión y momento a partir del cual comenzará a ser rentable la instalación.

Por los motivos anteriormente expuestos, se ha realizado un estudio económico-financiero considerando una serie de indicadores de rentabilidad. En el caso del presente proyecto, los índices de rentabilidad utilizados muestran los siguientes valores:

- Valor Actual Neto (VAN) para una Tasa de Actualización del 4 %: 62.622,98 €
- Tasa Interna de Rendimiento (TIR): 24%

- Plazo de recuperación de la inversión: 8 años

Atendiendo a lo mostrado en el Anejo nº 7 “Estudio Económico y Financiero”, se observa que la totalidad de los indicadores estudiados, ponen de manifiesto que el presente proyecto es viable desde un punto de vista económico y financiero.

4.8. Presupuesto

El presupuesto general del proyecto esta detallado en el documento “Presupuesto”, y la suma total asciende a: CINCO MIL QUINIENTOS SIETE CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS DE EURO.

Concepto	
Movimiento de tierras	128,13 €
Tuberías	399,71 €
Góteros	71,40 €
Mecanismos	1798,35 €
Equipo de bombeo	840,08 €
Material vegetal	696,60 €
Total ejecución material	3934,27 €
6 % Beneficio industrial	236,06 €
13 % Gastos generales	511,45 €
21 % IVA	826,20 €
Total presupuesto ejecución por contrata	5507,98 €

5. BIBLIOGRAFÍA

- "Análisis de la Economía de los sistemas de producción. Año 2012".
Consultado en:
<http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/B349318A-7D3D-4C9C-8B35-B08CF3D5DCA7/275383/analisisdelaeconomiadelosistemasdeproduccionanno2.pdf>
- "Análisis químico de suelos y aguas". Marín García. M.L. (2003). Editorial UPV
- "Caracterización Agroclimática de Navarra". 1986. Elias Castillo, F. y Ruiz Beltrán, L. Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación.

- “Estudio Agroclimático de Navarra” 2001 Gobierno de Navarra. Consultado en: <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/22D2347B-AAF2-496E-9212-5300B22851E2/0/EstudioAgroclimaticodeNavarra2001.pdf>
- "Confederación Hidrográfica del Ebro". Consultado en: <http://www.chebro.es/>
- Water quality for agriculture. Ayers, R.S. y D.W. Westcot. (1985) FAO Irrigation and drain. Paper N° 29, Roma.
- "Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos". FAO Estudio nº 56.
- "Meteorología y climatología de Navarra". Consultado en: <http://meteo.navarra.es/estaciones/estacion.cfm?IDEstacion=199>
- “Riegos Localizados de Alta Frecuencia”. Fernando Pizarro. (1996) Ediciones Mundi-prensa
- Instituto de investigación de la Generalitat de Catalunya: http://www.irta.cat/es-es/eio/sip/paginas/varietats_ametller_vairo.aspx

PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN REGADÍO EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU (NAVARRA)

DOCUMENTO N° 2 ANEJOS

AUTOR: ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA

JUNIO, 2016

ÍNDICE

ANEJO N° 1: Análisis edáfico.

ANEJO N° 2: Análisis agroclimático.

ANEJO N° 3: Análisis del agua de riego.

ANEJO N° 4: Material vegetal.

ANEJO N° 5: Necesidades hídricas y diseño agronómico.

ANEJO N° 6: Diseño hidráulico.

ANEJO N° 7: Análisis económico y financiero.

ANEJO N° 1

Análisis edáfico

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.	1
2.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.	1
3.	DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO.	2
3.1.	Descripción del perfil del suelo.	2
4.	ANÁLISIS QUÍMICO.	4
4.1.	Análisis químico.	4
4.2.	Discusión de los resultados.	4
5.	ANÁLISIS FÍSICO.	7
5.1.	Clasificaciones texturales.	7
5.2.	Discusión de los resultados.	8

1. INTRODUCCIÓN.

Para el análisis edáfico del suelo sobre el que se asienta la zona a transformar, se va a utilizar el análisis facilitado por el Departamento de Estructuras Agrarias del Gobierno de Navarra, que si bien no está hecho exactamente en la finca a transformar, el análisis corresponde a una calicata realizada justo al otro lado del cauce. Según el mapa geológico de suelos de Navarra, ambos cauces del río Arga corresponden a unas terrazas bajas formadas por gravas, arenas y limos de la época del Cuaternario (Holoceno).

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.

El suelo de la zona sobre la que se va a realizar la transformación de secano en regadío tiene las siguientes características:

Aprovechamiento actual: El aprovechamiento actual del suelo es el del cultivo de cereal en una rotación anual.

Cubierta: La cubierta del suelo coincide con el aprovechamiento, es decir el cereal es la cubierta predominante en el suelo, excepto en el periodo en que el suelo recibe las labores preparatorias previas a la siembra del cereal y en el cual no hay cubierta vegetal.

Pedregosidad superficial y afloramientos: No existen.

Relieve: La zona de trabajo corresponde a una terraza fluvial baja, la cual es el resultado del modelado del relieve (geomorfología) efectuado por el río Arga.

Una terraza fluvial consiste en una capa más o menos extensa de aluviones, en ocasiones compactados, situados a mayor altura que el cauce del río, su formación se debe a cambios de altura en el cauce.

La zona de proyecto se caracteriza por ser una zona bastante llana, tanto en sentido Norte-Sur, como en sentido Este-Oeste. Sobre una altitud media de 330 m., se aprecia una desviación máxima negativa de 0,6m. La pendiente general es inferior al 1%.

Geología: El suelo de la zona se asienta sobre la unidad geológica 524, correspondiente al Mapa Geológico de España E = 1:25.000.

La unidad 524 corresponde a unos depósitos que datan de la era Cuaternario, edad

Holoceno, son sedimentos sin consolidar formados por gravas y arenas aluviales.

Erosión: Hídrica laminar ligera.

Alcalinidad: Libre

3. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO.

3.1. Descripción del perfil del suelo.

Horizonte	Profundidad cm	Descripción
1 (Ap)	0-35	Textura arcillo limosa. Color pardo, 100% (7,5 YR 4/3). No hay elementos gruesos. Estructura masiva. Consistencia, firme y poco húmeda. Muchos poros tubulares finos y muy finos, pocos poros intersticiales finos y muy finos. Raíces, muchas, finas y muy finas. Límite neto-plano.
2 (Bw1)	35-77	Textura arcillo limosa. Color pardo oscuro, 100% (7,5 YR 4/2). No hay elementos gruesos. Estructura prismática de tamaño mediano y débil. Consistencia, seca y extremadamente dura. Muchos poros tubulares muy finos, pocos poros intersticiales muy finos. Raíces, frecuentes, finas y muy finas. Límite difuso.
3 (Bw2)	77-110	Textura arcillo limosa. Color pardo, 100% (7,5 YR 4/3). No hay elementos gruesos. Estructura prismática de tamaño mediano y moderado. Consistencia, seca y extremadamente dura. Muchos poros tubulares muy finos, pocos poros intersticiales muy finos. Raíces, pocas, finas y muy finas. Límite neto y plano.
4 (Bw3)	110-142	Textura arcillo limosa. Color pardo oscuro, 100% (7,5 YR 3/2). No hay elementos gruesos. Estructura prismática de tamaño mediano y débil, estructura secundaria, finos bloques subangulares y moderados. Consistencia, poco húmeda y muy firme. Muchos poros tubulares muy finos, pocos poros intersticiales muy finos. Ausencia de raíces. Precipitados blancos en poros en un 2%. Límite difuso.
5 (Bw4)	142-170	Textura arcillo limosa. Color pardo oscuro, 90% (7,5 YR 3/2) y pardo fuerte, 10% (7,5 YR 4/6). No hay elementos gruesos. Estructura bloques subangulares finos y moderados. Consistencia poco húmeda y muy firme. Frecuentes poros tubulares muy finos, pocos poros intersticiales muy finos. Ausencia de raíces. Precipitados en poros y caras en un 5%. Límite difuso.

6 (Bw5)	170-200	Textura arcillo limosa. Color pardo fuerte, 20% (7,5 YR 4/6) y pardo oscuro, 80% (7,5 YR 3/2). No hay elementos gruesos. Estructura bloques subangulares finos y moderados. Consistencia poco húmeda y firme. Frecuentes poros tubulares muy finos, muy pocos poros intersticiales muy finos. Ausencia de raíces. Precipitados en poros y caras en un 5%.
---------	---------	---

Como se puede ver en la descripción, el perfil tiene una profundidad real de 2 metros, con lo que este suelo es un suelo bastante profundo. La profundidad efectiva del suelo se estima en 1,1 metros puesto que es esta profundidad hasta donde aparecen las raíces,

El color del perfil es bastante uniforme, no se observan alternancias de colores, el color predominante en el perfil es el pardo oscuro. El que no aparezcan colores grises es indicativo de que no se dan en el perfil condiciones reductoras, ni un drenaje deficiente.

El perfil tiene una textura arcillo limosa en todos sus horizontes.

La estructura del perfil varía en profundidad. El horizonte 1 posee una estructura masiva, que es un estado desprovisto de estructura, en el cual no se observan agregados, el suelo aparece como un bloque carente de fisuras, es característica de suelos cultivados con cantidades considerables de silicatos arcillosos. Los horizontes 2, 3 y 4 poseen una estructura prismática y los horizontes 5 y 6 poseen una estructura subangular.

En cuanto a la porosidad, decir que en el perfil, los horizontes se caracterizan por presentar muchos poros tubulares de tamaño muy fino y pocos poros intersticiales de tamaño muy fino.

En los horizontes 1 y 2 existen raíces frecuentes, finas y muy finas mientras que en el horizonte 3 se observan pocas raíces finas y muy finas. En los horizontes 4, 5 y 6 no aparecen raíces.

En los horizontes 4, 5 y 6 aparecen precipitados de color blanco, que posiblemente sean de carbonato cálcico.

El horizonte 1 se ha caracterizado como Ap ya que es un horizonte superficial que está perturbado por la acción de la labranza.

4. ANÁLISIS QUÍMICO.

4.1. Análisis químico.

	Horizontes					
	1	2	3	4	5	6
Caliza total (% de CO_3Ca)	24,10	25,60	30,20	28,60	26,00	26,00
Caliza activa (% de CO_3Ca)	10,49		1,26			
Materia orgánica oxidable %	1,96	1,27		1,29	1,27	1,07
Nitrógeno total (‰/100 N)	0,12					
Fósforo asimilable (‰/100 de P_2O_5)	170,0					
Potasio asimilable (‰/100 de K_2O)	350,0					
Relación C/N	9,50					
pH (en agua) (1:2,5)	8,38	8,51	8,57	8,55	8,56	8,57
pH (en CLK 0,1 M) (1:2,5)	7,41	7,50	7,54	7,52	7,53	7,57
Conductividad (1:1) (en mmhos/cm)	0,55	0,50	0,51	0,60	0,55	0,52

Tabla 1: Resultados análisis químico

Notas:

No se ha realizado el análisis del extracto de saturación debido a la baja conductividad eléctrica del suelo.

Debido al elevado pH, el complejo de cambio está dominado por el calcio y el Magnesio, esta es la razón por la cual tampoco se ha efectuado el estudio del intercambio catiónico del suelo.

4.2. Discusión de los resultados.

Caliza total (Carbonato cálcico): Como se puede ver en la Tabla 1, el carbonato cálcico está presente en todo el perfil en un porcentaje medio del 26,75%. Atendiendo a este valor, el suelo se puede clasificar como un suelo medianamente calizo. En el horizonte 1 se registra el valor más bajo, en los sucesivos horizontes los porcentajes aumentan para luego acabar disminuyendo. A pesar de esta tónica de subida y bajada de valores, los incrementos y disminuciones no son notables.

Los carbonatos de calcio se disuelven fácilmente en agua que contenga anhídrido

carbónico, pero no en agua pura. Dado que la actividad biológica hace del suelo un medio con CO₂, puede ser posible una movilización de estos carbonatos en las estaciones húmedas. Se presume que este carbonato cálcico haya sido heredado de la roca madre o bien se haya formado a partir de las silicatos y aluminosilicatos. Este carbonato evita la formación de horizontes de iluviación de arcilla, éstos no se pueden formar debido al carácter floculante del calcio. Este alto contenido en carbonato cálcico, asegura un suelo bien tamponado frente a los ácidos.

Caliza activa: Se denomina caliza activa a las fracciones de carbonato cálcico presentes en los limos y en las arcillas, este carbonato debido principalmente a su finura tiene una elevada capacidad de reacción con el suelo. La presencia de caliza activa provoca la saturación del complejo de cambio en calcio, también puede provocar la insolubilización de algunos oligoelementos indispensables (B, Fe, Mn) y con frecuencia favorece también carencias en nitrógeno y en fósforo.

Materia orgánica oxidable: Los porcentajes de materia orgánica oxidable disminuyen desde el horizonte 1 que registra el valor máximo, hacia los horizontes más profundos.

Nitrógeno total: El contenido de nitrógeno total medido por el método Kjeldahl, método oficial, en el primer horizonte es de 0,12 %.

Relación entre el contenido en nitrógeno total en tanto por mil (‰) y la fertilidad del suelo:

SUELO POBRE	0,5 a 1 ‰
SUELO MEDIO	1 ‰
SUELO RICO	1 a 2 ‰

Fósforo asimilable: El contenido en fósforo asimilable medido por el método Olsen en el primer horizonte es de 0,17 ‰, lo que equivale a 170 ppm.

Relación entre el contenido en fósforo y en ppm y la fertilidad del suelo:

SUELO POBRE	P < 5 ppm
SUELO MEDIO	5 ≤ P < 10 ppm
SUELO RICO	P ≥ 10 ppm

Atendiendo a la clasificación anterior, y según el contenido en fósforo del suelo (170 ppm), nuestro suelo se clasifica como un suelo rico.

Potasio asimilable: El contenido en potasio asimilable medido en el primer horizonte por el método del acetato es de 0,35 ‰ lo que equivale a 350 ppm.

Interpretación de los niveles de potasio en ppm para un suelo de granulometría fina:

Muy alta	K > 500 ppm
Alta	300-500 ppm
Media	150-300 ppm
Baja	75-150 ppm
Muy baja	K < 75 ppm

Atendiendo a la clasificación anterior, y según el contenido en potasio del suelo (350 ppm), nuestro suelo se clasifica como suelo con un nivel alto de potasio.

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N): La relación C/N ha sido medida en el horizonte 1 que es el horizonte más superficial y el que generalmente mayor porcentaje de materia orgánica posee. El valor de la relación C/N es un índice del grado de descomposición o mineralización de la materia orgánica en el suelo, el valor obtenido en nuestro suelo es C/N = 9,50 el cual, nos señala que la mineralización está favorecida y prácticamente no hay humificación.

pH: El pH tiene unos valores medios medidos en agua de 8,52. Es un pH límite entre lo que se consideraría un pH básico y un pH ligeramente alcalino. Este valor de pH es un valor común en suelos minerales de zonas áridas. Este pH disminuye la disponibilidad de P y B, es indicador de deficiencias en Co, Cu, Fe, Mn y Zn. A su vez, nos está señalando que el complejo de cambio está saturado con bases, que en el sistema está presente carbonato cálcico libre y que la población de cationes intercambiables en su mayoría está constituida por calcio y magnesio. El que el complejo de cambio esté saturado es debido a que en este suelo existe una fuente de bases adicional a la que se suministran los coloides, esta fuente es el carbonato cálcico.

Conductividad: este suelo tiene una conductividad media de 0,538 mmhos/cm. Esta es una conductividad eléctrica baja, que se puede interpretar como una salinidad

inapreciable. Partiendo del hecho de que una conductividad superior a 4 mmhos/cm define a un suelo salino, podemos decir que este suelo no es salino.

5. ANÁLISIS FÍSICO.

	<i>Horizontes</i>					
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Arena gruesa % (2-0,2 mm.)</i>	0,38	0,14	0,05	0,17	0,37	0,29
<i>Arena fina % (0,2-0,05 mm.)</i>	10,38	8,38	7,86	6,82	5,82	6,96
<i>Arena muy fina % (0,05-0,02 mm.)</i>	14,22	10,86	10,70	11,64	11,08	12,59
<i>Limo % (0,02-0,002 mm.)</i>	32,55	33,57	35,18	36,34	35,95	38,61
<i>Arcilla % (< de 0,002 mm.)</i>	42,48	47,05	46,20	45,03	46,78	41,55

Tabla 2: Resultados análisis físico

Los valores de textura vienen expresados en porcentajes en peso.

5.1. Clasificaciones texturales.

Para la determinación de la textura vamos a agrupar los tamaños de las partículas según las clasificaciones U.S.D.A. e I.S.S.S.

	<i>Horizontes</i>					
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Arena (2-0,05 mm.)</i>	10,75	8,52	7,92	6,99	6,19	7,25
<i>Limo (0,05-0,002 mm.)</i>	46,77	44,43	45,88	47,98	47,03	51,2
<i>Arcilla (< 0,002 mm.)</i>	42,48	47,05	46,20	45,03	46,78	41,55
<i>Clasificación U.S.D.A</i>	<i>Arcillo-limosa</i>	<i>Arcillo-limosa</i>	<i>Arcillo-limosa</i>	<i>Arcillo-limosa</i>	<i>Arcillo-limosa</i>	<i>Arcillo-limosa</i>

Tabla 3: Clasificación U.S.D.A.

	<i>Horizontes</i>					
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>Arena (2-0,02 mm.)</i>	24,97	19,38	18,62	18,63	17,27	19,84
<i>Limo (0,02-0,002 mm.)</i>	32,55	33,57	35,18	36,34	35,95	38,61
<i>Arcilla (< 0,002 mm.)</i>	42,48	47,05	46,20	45,03	46,78	41,55
<i>Clasificación I.S.S.S.</i>	<i>Arcillosa-gruesa</i>	<i>Arcillosa-fina</i>	<i>Arcillosa-fina</i>	<i>Arcillosa-fina</i>	<i>Arcillosa-fina</i>	<i>Arcillosa-gruesa</i>

Tabla 4: Clasificación I.S.S.S.

5.2. Discusión de los resultados.

Atendiendo a los valores de las distintas fracciones granulométricas de las dos clasificaciones texturales estudiadas (Tablas 3 y 4), vemos que existe un predominio de las fracciones arcilla y limo en este suelo, siendo los porcentajes de arcilla superiores a los de limo.

Atendiendo a la tabla siguiente y sabiendo que la suma de la fracción limo más la fracción arcilla ronda el 80%, según la clasificación ISSS (Tabla 4), nos encontraríamos con que nuestro suelo es un suelo compacto medio.

La fracción arcilla nos va a deparar las siguientes propiedades en el suelo:

- Fertilidad química alta, según mineralogía.
- Superficie específica muy alta.
- Capacidad de intercambio catiónico alta, dependiendo de la mineralogía de arcillas.
- Capacidad de retención de agua disponible alta.
- Permeabilidad baja.

- Microporosidad alta.
- Compacidad alta.
- Dificultad de laboreo.
- Energía de retención de humedad alta.
- Gran inercia térmica.
- Dificultad a la penetración de las raíces.

Las propiedades de la fracción arcilla son completadas con la acción de la fracción limo que tiene la siguiente significación:

- Fertilidad física deficiente.
- Riesgo de encostramiento superficial.
- Velocidad de infiltración baja.
- Inestabilidad estructural alta.
- Permeabilidad de media a baja.
- Compacidad media.
- Erosionabilidad alta.
- Almacenamiento de nutrientes medio.
- Capacidad de retención de agua disponible de media a baja.

ANEJO N° 2

Análisis agroclimático

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS	1
2.1.	Características térmicas:	1
2.2.	Características pluviométricas.	2
3.	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA	3
3.1.	Tipo de invierno	3
3.2.	Tipos de verano.	5
3.3.	Régimen hídrico:	6
4.	CONCLUSIONES:	7

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado, se pretende realizar un estudio agroclimático lo suficientemente representativo acorde a las características del proyecto

Lo ideal sería tener una estación agrometeorológica a pie de parcela, que nos proporcionase medidas climáticas al nivel del árbol y el suelo, como esto no es posible, deberemos elegir una estación dentro de la red general que mejor se ajuste a nuestras características.

Para realizar el estudio hemos elegido la estación climatológica de Puente la Reina. Esta estación se encuentra a escasos 4000 metros de la parcela objeto de transformación, con una diferencia de 15 metros de altitud, por lo que estimamos sus valores suficientemente fiables para el estudio. Se trata de una estación manual, pero posee datos completos de los últimos 30 años, lo que también creemos suficiente para estudiar la climatología habitual de la zona.

Los datos climáticos utilizados se han obtenido de la base de datos de la web de meteorología y climatología de Navarra que dispone el gobierno de Navarra en la web meteo.navarra.es.

2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS

A continuación detallaremos los datos referentes a la temperatura y pluviometría registrados en dicha estación climática.

2.1. Características térmicas:

En la Tabla 1 se detallan las diferentes temperaturas medidas a lo largo del año, necesarias para realizar la clasificación climática de Papadakis. Los datos obtenidos son una media de las temperaturas desde el año 1990 hasta el año 2014 ambos incluidos:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Tmax abs (°C)	18.5	24.0	26.5	32.0	36.5	40.0	41.5	43.0	38.0	32.0	27.0	21.0	43.0
T m max (°C)	9.7	11.2	15.0	17.0	21.4	26.2	29.2	29.5	25.2	19.4	13.2	9.9	18.9
T m (°C)	5.5	6.3	9.4	11.6	15.3	19.6	22.3	22.6	19.0	14.3	9.0	5.9	13.4
T m min (°C)	1.2	1.4	3.8	6.1	9.2	12.9	15.5	15.8	12.9	9.1	4.8	1.9	7.9
T min abs (°C)	-7.0	-10.0	-8.5	-3.0	-0.5	1.0	5.0	5.0	3.0	-0.5	-6.5	-10.0	-10.0

Tabla 1: Temperaturas medias

- **Tmax abs:** Temperatura máxima absoluta
- **Tm max:** Temperatura media de máximas
- **Tm:** Temperatura media
- **Tm min:** Temperatura media de mínimas
- **Tmin abs:** Temperatura mínima absoluta

Tal y como se puede apreciar en la Tabla 1, es una zona con unos veranos calurosos, temperatura media de máximas cercana a los 30°C y con unos inviernos fríos, especialmente en los meses de enero y febrero donde la temperatura media de mínimas es de 1.3-1.4°C. Un aspecto importante que se debe analizar es la frecuencia y el periodo más habitual de las heladas. En la Tabla 2 se detalla la frecuencia con la que ocurren las heladas en los distintos meses del año. Estos datos representan la media de días con helada desde el año 1990 hasta el año 2014. A lo largo de éstos la primera helada del año se ha producido el 31 de octubre, mientras que la última ha ocurrido el 4 de Mayo, por lo que podemos concluir que el periodo libre de heladas será del 4 de Mayo al 31 de octubre.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Días de helada	12.9	10.8	4.3	1.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.6	10.5	43.7

Tabla 2: Numero de días de heladas

2.2. Características pluviométricas.

En la Tabla 3 se encuentran los datos referentes a la pluviometría de la zona obtenidos desde el año 1990 hasta el año 2014.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
Prec med (mm)	42.8	45.1	47.0	57.5	58.0	47.7	26.9	25.0	38.1	58.8	63.2	55.7	565.9
Prec max 24h (mm)	39.0	32.5	33.6	62.0	45.5	44.0	33.0	85.0	61.5	46.5	87.3	39.0	87.3
Días de lluvia	11.9	10.8	10.6	13.1	12.5	8.2	5.4	6.0	9.0	11.9	12.9	11.9	124.2
Días de nieve	1.0	1.4	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	4.6
Días de granizo	0.0	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	1.7
ET₀(mm)	10.8	13.5	30.0	44.2	75.5	109.7	135.1	128.1	86.6	51.8	22.6	11.7	719.5

Tabla 3: Datos de precipitaciones

- **Prec med:** Precipitación media del mes (litro/m²)
- **P max 24h:** Precipitación máxima en 24 horas (litro/m²)
- **ET₀:** Evapotranspiración de referencia

La precipitación media anual de la zona es de 565.9 litros/m². Los meses más lluviosos son abril, mayo, octubre y noviembre, mientras que los menos lluviosos son julio y agosto. Sin embargo, agosto es junto a septiembre y abril el mes en los que mayores tormentas se pueden observar. La mayoría de las precipitaciones son en forma líquida (124 días al año) pero en menor medida también puede nevar (5 días al año) o granizar (2 día al año). La combinación de las temperaturas y precipitaciones anteriormente mencionadas se encuentran representadas en el Gráfico 1.

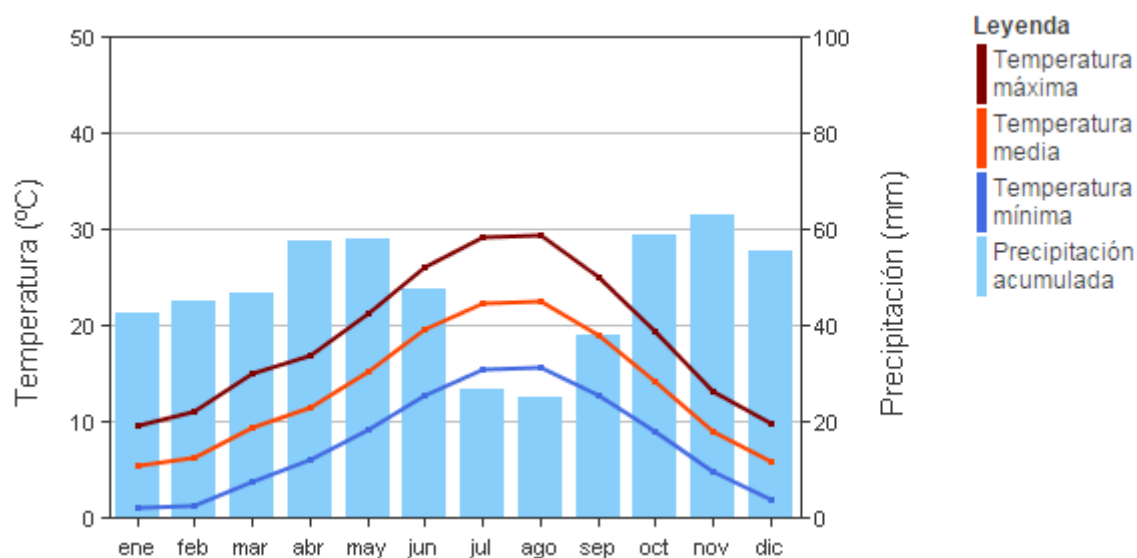


Gráfico 1: Temperaturas y precipitaciones (1990-2014)

3. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Papadakis en 1952 clasifica los climas en función de las zonas agrícolas. Tiene en cuenta factores de gran importancia para la viabilidad de los cultivos, como son la severidad de los inviernos y la duración y el calor de los veranos. Para definir el clima de una zona es necesario conocer las medias de temperaturas máximas, medias, mínimas, mínimas absolutas, precipitación acumulada y evapotranspiración potencial. A partir de estos valores se delimitan **el tipo de invierno, el tipo de verano y el régimen hídrico**. Combinando estos tres factores se determina el tipo de clima de la región.

3.1. Tipo de invierno

Se clasifican según los cultivos de invierno posibles, en cuanto a la severidad de los inviernos se refiere. Se determinan en función de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío. En la Tabla 4, se observa como el tipo de invierno que corresponde al clima estudiado es el Av.

Pr	De siembra en primavera	Invierno demasiado frío para plantar trigo en otoño: Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío inferior a -29°C.
Ti	De trigo de invierno	Invierno suficientemente suave para plantar trigo en otoño, pero demasiado frío para plantar avena en otoño. Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a -29°C pero inferior a -10°C.
Av	De avena	Invierno suficientemente suave para plantar avena en otoño, pero demasiado frío para cultivar cítricos. Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a -10°C pero inferior a -2.5°C.
Ci	De cítricos	Invierno suficientemente suave para cultivar cítricos, pero el clima no está completamente libre de hielos. Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a -2.5°C pero inferior a 7°C.
Tp	Tropical	Clima completamente libre de hielos, con media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a 7°C pero inferior a 15°C
Ec	Ecuatorial	Clima con media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a 15°C

Tabla 4: Tipos de invierno según Papadakis

3.2. Tipos de verano.

Dependiendo de la duración y calidez del verano serán posibles unos u otros cultivos, analizando los diferentes tipos de veranos catalogados en el modelo Papadakis, en la Tabla 5 se observa que el que corresponde a la parcela objeto de la transformación es un verano Maiz (M).

H	Hielo perpetuo	Promedio de las máximas medias de los 2 meses más cálidos inferior a 6°C.
Tu	Tundra	Promedio de las máximas medias de los 2 meses más cálidos superior a 6°C. Temperatura media del mes más cálido inferior a 10 °C. Nueve meses o más con temperaturas medias inferiores a 0°C.
A	Alpino	Promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos superior a 10°C. Promedio de las mínimas medias de los dos meses más cálidos inferior a 5°C.
Ta	Taiga-subalpino	El verano todavía no es lo suficientemente cálido para cultivar trigo. Máxima media del mes más cálido superior a 10°C. Promedio de las mínimas medias de los dos meses más cálidos superior a 5°C. Promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos inferior a 17°C, o media de mínimas absolutas superior a 2°C durante menos de 2.5 meses.
Tr	Trigo	Verano suficientemente cálido para cultivar trigo, pero no para cultivar maíz. Promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos superior a 17°C. Media de mínimas absolutas superior a 2°C durante más de 2.5 y menos de 4.5 meses.
M	Maíz	Verano suficientemente cálido para cultivar maíz, pero no para cultivar arroz. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 21°C. Media de mínimas absolutas superior a 2°C durante más de 4.5 meses y superior a 7°C durante menos de 3.5 meses y/o máxima media del mes más cálido inferior a 25°C.
O	Arroz (Oryza)	Verano suficientemente cálido para cultivar arroz, pero no para cultivar algodón. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 21°C. Media de las mínimas absolutas superior a 7°C durante más de 3.5 meses. Máxima media del mes más cálido superior a 25°C. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos inferior a 25°C y/ o media de las mínimas absolutas superior a 7°C durante menos de 4.5 meses.
G	Algodón (Gossypium)	El verano es lo suficientemente cálido para cultivar algodón. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 25°C. Media de mínimas absolutas superior a 7°C durante más de 4.5 meses.
C	Cafeto	Clima libre de heladas: Media de mínimas absolutas superior a 7°C durante 12 meses. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 21°C.

Tabla 5: Tipos de veranos según Papadakis

3.3. Régimen hídrico:

Para caracterizar un clima desde el punto de vista hídrico. Se tiene en cuenta la cantidad de agua disponible para las plantas así como su distribución estacional. Para ello, con los datos de la Evapotranspiración potencial (ETP) proporcionados en la Tabla 3 y los climas mensuales hídricos (Tabla 6), se contempla que el régimen hídrico correspondiente a la parcela analizada es un clima mediterráneo húmedo (Me) (Tabla 7).

a	ÁRIDO	$P+R < 25\% \text{ ETP}$
s	SECO	$25\% \text{ ETP} < P+R < 50\% \text{ ETP}$
i	INTERMEDIO SECO	$50\% \text{ ETP} < P+R < 75\% \text{ ETP}$
y	INTERMEDIO HÚMEDO	$75\% \text{ ETP} < P+R < 100\% \text{ ETP}$
p	POST-HÚMEDO	$P+R > 100\% \text{ ETP}$ - la lluvia no cubre la ETP
h	HÚMEDO	$P > 100\% \text{ ETP}$ - $(P+R) < 200\% \text{ ETP}$ o $(P+R) - \text{ETP} < 100 \text{ mm}$
w	MOJADO	$(P+R) > 200\% \text{ ETP}$ y $(P+R) - \text{ETP} > 100 \text{ mm}$

Tabla 6: Climas mensuales hídricos

-P: Precipitación

-R: Reserva

-ETP: Evapotranspiración potencial

Húmedo (HU, Hu)	La precipitación anual supera a la ETP anual; ningún mes seco (a o s); el excedente estacional de lluvia (Ln) (*) supera el 25% de la ETP anual. Se distinguen dos subtipos: Siempre húmedo (HU): cuando todos los meses son húmedos (h o w); Húmedo (Hu): cuando uno o más meses no son húmedos, pero tampoco secos.
<u>Mediterráneo (ME, Me, me)</u>	Latitud superior a 20°. La lluvia de invierno (junio, julio y agosto en el hemisferio sur), supera a la de verano (diciembre, enero y febrero en el hemisferio sur). El clima no es ni desértico ni húmedo. Se distinguen tres subtipos: Mediterráneo húmedo o lluvioso (ME): Ln supera el 25% de la ETP anual; Mediterráneo seco (Me): Ln es menor del 25% de la ETP; Mediterráneo semiárido (me): Más seco que el anterior. Abril en el hemisferio Norte, octubre en el Sur, es seco, (a, s). Los cultivos necesitan riego.
Estepario (St)	Ni húmedo, ni mediterráneo, ni desértico, ni monzónico. En primavera, en conjunto (marzo, abril y mayo en el hemisferio Norte, septiembre, octubre y noviembre en el hemisferio Sur), la precipitación cubre más del 50% de la ETP.
Isohigro semiárido (Si)	Semejante al anterior, pero la lluvia de primavera cubre menos del 50% de la ETP.
Monzónico (MO, Mo, mo)	En base a la relación P/ETP, el verano es más húmedo que el invierno y la primavera. El régimen no es ni húmedo ni desértico. Se divide en: Monzónico lluvioso (MO):, Ln > 25% ETP; Monzónico seco (Mo): Ln < 25% ETP y la lluvia cubre más del 44% de la ETP anual; Monzónico semiárido (mo): La lluvia cubre menos del 44% de la ETP anual.
Desértico (de, di, do, da)	Todos los meses con máxima media > 15°C son secos; la lluvia anual cubre menos del 22% de la ETP anual. Se divide en: Desértico mediterráneo (de): uno o más meses no áridos en invierno; Desértico monzónico (do): uno o más meses no áridos en verano; Desértico isohigro (di): uno o más meses no áridos en primavera o la lluvia cubre más del 9% de la ETP; Desierto absoluto (da): todos los meses son áridos, la lluvia cubre menos del 9% de la ETP.

Tabla 7: Regímenes hídricos

*Ln: Excedente estacional de lluvia: Es la diferencia entre precipitación y ETP pero sólo en los meses húmedos, si el mes no es húmedo vale 0. El excedente estacional de lluvia anual será la suma de los Ln de cada mes.

4. CONCLUSIONES:

El clima analizado, es un clima mediterráneo templado (húmedo) según la clasificación de Papadakis. Esto es debido a que dispone de unos inviernos de tipo avena (Av), unos veranos de maíz (M) y un régimen hídrico Mediterráneo húmedo (Me).

ANEJO N°3

Análisis del agua de riego

ÍNDICE

1.	PROCEDENCIA DE LOS DATOS DEL ANÁLISIS.	1
2.	FACTORES LIMITANTES	1
3.	RESULTADOS ANALÍTICOS	2
4.	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	3
4.1.	pH	3
4.2.	Contenido total en sales	3
4.3.	Iones	4
4.3.1.	<i>Cloruro</i>	4
4.3.2.	<i>Potasio</i>	4
4.3.3.	<i>Sodio</i>	4
4.3.4.	<i>Sulfato</i>	4
4.4.	Relación de absorción de Sodio (S.A.R.)	4
4.5.	Coeficiente alcalimétrico (Índice de Scott)	5
4.6.	Carbonato sódico residual	6
4.7.	Dureza	7
5.	CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO.	8
5.1.	Directrices FAO para interpretar la calidad del agua de riego.	8
5.2.	Riesgo de obstrucción en riego localizado (FAO).	10

1. PROCEDENCIA DE LOS DATOS DEL ANÁLISIS.

El agua necesaria va a ser obtenida de un pozo existente en la misma parcela que se sitúa a escasos 60 metros del río Arga, a medio camino entre las localidades de Mañeru, Puente la Reina y Mendigorria.

Al no tener datos concretos del punto de extracción, los resultados analíticos se obtendrán de la estación que dispone la confederación hidrográfica del Ebro en el río Arga a su paso por la localidad de Funes. Esta localidad se encuentra aguas abajo del río Arga por lo que si el análisis en este punto resulta favorable, la calidad del agua río arriba se supondrá mejor. Comentar también que algunos datos no se encontraban en el último análisis realizado por lo que se han tomado en cuenta los obtenidos en los análisis inmediatamente anteriores.

2. FACTORES LIMITANTES

Existen gran variedad de factores capaces de limitar el uso del agua para regadío. A continuación se exponen algunos de ellos:

- Salinidad: La acumulación de sales solubles en el suelo reduce la disponibilidad del agua para las plantas. De este modo la productividad de los cultivos se ve afectada de forma negativa. Dicha salinidad se mide en términos de conductividad eléctrica y representa la cantidad de sales inorgánicas disueltas en el agua. Seguidamente, se muestra un cuadro que clasifica la calidad del agua de riego según la conductividad eléctrica (Tabla 1):

Conductividad eléctrica (dS/m)	Calidad del agua	Peligro de salinidad
0-1	Excelente a buena	Bajo a medio
1-3	Buena a marginal	Alto
< 3	Marginal a inaceptable	Muy alto

Tabla 1: Clasificación de la calidad del agua

- Permeabilidad: Los altos niveles en el agua de riego de sodio y bajos de calcio y magnesio alteran el complejo de cambio del suelo. Debido a esto se produce un deterioro de la estructura del suelo y la disminución de la permeabilidad.

- Toxicidad de iones específicos: Los iones cloro, sodio y boro pueden acumularse

en los cultivos en concentraciones elevadas, pudiendo causar daños y reduciendo el rendimiento de los cultivos.

3. RESULTADOS ANALÍTICOS

A continuación se detallan los resultados obtenidos por el análisis físico-químico realizado por la confederación hidrográfica del Ebro (Tabla 2).

Parámetro	Valor	Valor
Amonio total	<0.13 mg/l NH ₄	0,0071 meq/l
Aspecto	2	
Cloruro	65,5 mg/l Cl ⁻	1,85 meq/l
Conductividad eléctrica	943 µS/cm	0,943 dS/m
DBO ₅	<3.0 mg/L O ₂	
Demanda química de oxígeno	5.2 mg/L O ₂	
Fosfatos	<0.05 mg/L PO ₄	0,0015 meq/l
Nitratos	9.6 mg/L NO ₃	0,192 meq/l
Oxígeno disuelto	7.5 mg/L O ₂	
Oxígeno disuelto (% sat.)	84.0 % sat.	
Ph	7,9	
Sodio	100 mg/L	4,35 meq/l
Calcio	78,3 mg/L	3,91 meq/l
Magnesio	9,4 mg/L Mg	0,77 meq/l
Bario	0.0419 mg/L	
Boro	0,043 mg/L	
Cadmio	<0.000020 mg/L	
Cromo	<0.0020 mg/L	
Cobre	0.0029 mg/L	
Hierro	0.138 mg/L	
Mercurio	<0.000012 mg/L	
Manganeso	0.0188 mg/L	
Plomo	0.0007 mg/L	
Zinc	<0.010 mg/L	
Carbonatos	34	1,16 meq/l
Bicarbonatos	129	2,11 meq/l
Sólidos en suspensión	37 mg/L	
Sulfato	82,5 mg/L	4,64 meq/l
Temperatura del agua	19.1 °C	
Temperatura del aire	21.9 °C	

Tabla 2: Resultado analítico agua

4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez obtenidos los parámetros más importantes para medir la calidad del agua, éstos se han de valorar mediante los índices de primer y segundo grado. Todos ellos se muestran a continuación:

4.1. pH

Se consideran adecuados los valores entre 6,5 y 8,5. En este caso, a partir de los resultados del boletín de análisis presentado anteriormente, el agua destinada al riego posee un valor medio de pH de 7,9, por lo que se puede considerar aceptable desde este punto de vista.

4.2. Contenido total en sales

Evalúa el riesgo de que un alto contenido en sales disueltas en el suelo disminuya el potencial osmótico, exigiendo por tanto un sobreesfuerzo a las raíces para absorber agua. En tal caso, se produciría una reducción del rendimiento de los cultivos, de una forma prácticamente lineal respecto a la concentración de dichas sales.

El contenido en sales y la conductividad eléctrica están relacionados por la siguiente expresión:

$$C = 0,64 \text{ CE}$$

Donde:

C: Contenido en sales total (ppm)

CE: Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

En este caso:

$$C = 0,64 \times 943 = 603,52 \text{ ppm} = 0,603 \text{ g/l}$$

El contenido de sales límite considerado peligroso se establece en 1 g/l. En este caso, la concentración de sales totales alcanza un valor de 0,603 g/l, valor significativamente inferior a 1g/l, por lo que es un considerado un valor aceptable.

4.3. Iones

En un análisis representativo para establecer si un determinado agua es apta para el riego es muy común analizar los parámetros que se muestran a continuación:

4.3.1. *Cloruro*

Su presencia puede provocar clorosis foliares que pueden degenerar en necrosis. El límite de tolerancia para aguas de riego se sitúa en 0.5 g/l. En este caso, la concentración obtenida del análisis físico-químico es de 0,065 g/l, por lo que puede considerarse un valor adecuado.

4.3.2. *Potasio*

Junto a nitrógeno y fosforo, es uno de los tres nutrientes minerales que las plantas necesitan en mayor medida. Absorbido en grandes cantidades por las plantas en forma de catión K^+ . Evidentemente, su ausencia repercute negativamente en el crecimiento del cultivo.

4.3.3. *Sodio*

Capaz de producir toxicidad en el cultivo. Su concentración no debe sobrepasar los 0.3 g/l. En este caso obtenemos valores de 0,1 g/l, por lo que tampoco se considera un factor limitante.

4.3.4. *Sulfato*

Su presencia puede producir corrosión en conducciones que contienen cemento. El límite de tolerancia se establece en 300 mg/l, alcanzando valores de 82,5 mg/l en este estudio. De esta forma, se puede concluir que no existen problemas.

4.4. Relación de absorción de Sodio (S.A.R.)

Para evaluar los problemas de infiltración provocados por la calidad del agua se han propuesto diversos índices, siendo el más conocido el SAR. Hace referencia a la proporción relativa en que se encuentra el catión sodio frente a los cationes calcio y magnesio. Uno de los iones que más favorecen la degradación y pérdida de la estructura del suelo es el sodio. Una acción contraria a la señalada para el sodio es la que desempeñan el calcio y el magnesio. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S.A.R. = \frac{|Na^+|}{\sqrt{\frac{1}{2}(|Ca^{++}| + |Mg^{++}|)}} \quad (1)$$

(1) Concentraciones expresadas en meq/l.

En este caso, empleando los datos del apartado 3 “Resultados analíticos”:

$$S.A.R. = \frac{4,35}{\sqrt{\frac{1}{2}(3,91+0,77)}} = 2,84,$$

Por tanto, tal y como se detalla en la Tabla 3 “Índice S.A.R. en aguas para regadío” nuestro agua se puede emplear sin ninguna restricción.

Valoración	Valor S.A.R.	Observaciones
Ninguno	<3	Sin restricciones en el uso del agua
Ligero a moderado	3-9	De 3-6 ciertos cuidados a tener en cuenta en cultivos vulnerables De 6-8 se debe usar yeso. No utilizar cultivos sensibles. Los suelos deben ser sometidos a muestreo y análisis cada uno o dos años para determinar si el agua es causante de un incremento de sodio
Agudo	>9	Daño severo. No conforme

Tabla 3: índice S.A.R. en aguas para regadío

4.5. Coeficiente alcalimétrico (Índice de Scott)

Este índice valora la calidad agronómica del agua en función de las concentraciones de ion cloruro, sulfato y sodio, pudiendo definirse como la altura del agua expresada en pulgadas (1 pulgada = 2,54cm) que, después de la evaporación, dejaría álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más sensibles.

El cálculo de este índice se basa en las tres relaciones que se muestran a continuación:

- Si $\text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- \leq 0$,

$$K = \frac{2049}{\text{Cl}^-}$$

- Si $0 < \text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- < 0,48 \text{SO}_4^{2-}$,

$$K = \frac{6620}{\text{Na}^+ + 2,6 \text{Cl}^-}$$

- Si $0 < \text{Na}^+ - 0,65 \text{Cl}^- > 0,48 \text{SO}_4^{2-}$,

$$K = \frac{662}{\text{Na}^+ - 0,32 \text{Cl}^- - 0,48 \text{SO}_4^{2-}}$$

En este caso nos encontramos en la tercera relación:

$$0 < (100 - 0,65 \times 65,5) = 57,425 > (0,48 \times 82,5) = 39,6$$

Por lo tanto, $K = \frac{662}{100 - 0,32 \times 65,5 - 0,48 \times 82,5} = 16,8$

Valor de K	Calidad del Agua
$K > 18$	Buena
$18 > K > 6$	Tolerable
$6 > K > 1,2$	Mediocre
$K < 1,2$	Mala

Tabla 4: Interpretación del coeficiente alcalimétrico

El valor de K resultante es de 16,8 por lo que el agua se califica como tolerable (Tabla 4), cerca del umbral de buena, así pues, no se tomarán especiales precauciones.

4.6. Carbonato sódico residual

Predice la acción degradante del agua sobre las plantas y suelos. Se puede calcular mediante la siguiente expresión (las concentraciones deben expresarse en meq/l):

$$\text{C.S.R.} = \text{CO}_3^{2-}(\text{meq/l}) + \text{CO}_3\text{H}^-(\text{meq/l}) - \text{Ca}^{2+}(\text{meq/l}) + \text{Mg}^{2+}(\text{meq/l})$$

$$\text{C.S.R.} = 1,16 + 2,11 - 3,91 + 0,77 = \mathbf{0,14 \text{ meq/l}}$$

En la Tabla 5 se muestra la clasificación según el valor de C.S.R:

Recomendables	C.S.R < 1,25 meq/l
Poco recomendables	1,25 < C.S.R < 2,5 meq/l
No recomendables	C.S.R > 2,5 meq/l

Tabla 5: Clasificación agua según C.S.R.

Atendiendo a la clasificación anterior, $0,14 < 1,25$, por lo que resulta un agua recomendable.

4.7. Dureza

El grado de dureza se refiere al contenido en calcio de las aguas, nos sirve también como una medida del riesgo de precipitación en las conducciones.

El cálculo de la dureza del agua, expresada en grados franceses, se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Grados hidrométricos franceses} = \frac{(\text{mg/l})\text{Ca}^{2+} \times 2,5 + (\text{mg/l})\text{Mg}^{2+} \times 4,12}{10}$$

$$\text{Grados hidrométricos franceses} = \frac{78,3 \times 2,5 + 9,4 \times 4,12}{10} = 23,45$$

Con esta, se llega a valores cuya interpretación se puede realizar con la escala de la Tabla 6:

<i>Tipo de agua</i>	<i>Grados hidrotimétricos franceses</i>
Muy dulce	Menos de 7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	Más de 54

Tabla 6: Calificación del agua según los °F

Atendiendo al valor obtenido, el agua de riego se clasifica como agua medianamente dura.

5. CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO.

5.1. Directrices FAO para interpretar la calidad del agua de riego.

Para poder analizar la tabla de directrices FAO que aparece en la página siguiente, (Tabla 8) son necesarios estos valores:

Conductividad eléctrica (ECa) = 0,943 dS/m.

S.A.R. = 2,84

Sodio (Na^+) = 4,35 meq/l.

Cloro (Cl^-) = 1,85 meq/l.

Bicarbonato (CO_3H^-) = 2,11 meq/l.

pH = 7,9.

Atendiendo a la Tabla 7, y con arreglo a los apartados que en ella se especifican, el agua de riego se clasifica como:

<i>Problema potencial</i>	<i>Grado de restricción de uso</i>
Salinidad	Ligero a moderado
Infiltración	Ninguno
Toxicidad de iones específicos	
Na	
Riego por superficie	Ligero a moderado
Riego por aspersión	Ligero a moderado
Cl	
Riego por superficie	Ninguno
Riego por aspersión	Ligero a moderado
Varios	Ligero a moderado
Bicarbonato	Ligero a moderado
pH	Dentro de la amplitud normal

Tabla 7: Clasificación agua según directrices FAO

Directrices FAO para interpretar la calidad de las aguas para el riego (tabla 8).

Problema potencial	Unidades	Grados de restricción de uso		
		Ninguna	Ligera a moderada	Severa
Salinidad (afecta disponibilidad de agua para el cultivo)				
ECa	dS/m	<0,7	0,7-3,0	>3,0
TSS	Mg/l	<450	450-2000	>2000
Infiltración (reduce infiltración; evaluar usando a la vez la ECa y el S.A.R.)				
R.A.S.= 0-3	Y Cea =	>0,7	0,7-0,2	<0,2
3-6		>1,2	1,2-0,3	<0,3
6-12		>1,9	1,9-0,5	<0,5
12-20		>2,9	2,9-1,3	<1,3
20-40		>5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidad de iones específicos (afecta cultivos sensibles)				
Sodio (Na)				
Riego por superficie	S.A.R.	<3	3-9	>9
Riego por aspersión	meq/l	<3	>3	
Cloro (Cl)				
Riego por superficie	meq/l	<4	4,0-10	>10
Riego por aspersión	meq/l	<3	>3	
Boro (B)	mg/l	<0,7	0,7-3,0	>3
Varios (afecta a cultivos sensibles)				
Nitrogeno (NO ³ – N)	mg/l	<5	5,0-30	>30
Bicarbonato (HCO ³)				
(aspersión foliar únicamente)	Meq/l	<1,5	1,5-8,5	>8,5
pH		Amplitud normal: 6,5-8,4		

Tabla 8: Directrices FAO para clasificación de agua de riego

5.2. Riesgo de obstrucción en riego localizado (FAO).

El mayor problema del sistema de riego por goteo es el de la calidad del agua debido al riesgo de oclusión de los goteros.

Obstrucción	Unidades	Sin problema	Problema creciente	Problema grave
Física				
Sólidos en suspensión	mg/l	< 50	50-100	> 100
Química				
pH		< 7,0	7,0-8,0	> 8,0
Sólidos solubles	mg/l	< 500	500-2.000	> 2.000
Manganeso	mg/l	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Hierro	mg/l	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Ácido sulfhídrico	mg/l	< 0,5	0,5-2,0	> 2,0
Biológica				
Poblaciones bacterianas	Max núm./ml	< 10.000	10.000-50.000	> 50.000

Tabla 9: Clasificación agua riego según riesgo de oclusión de goteros

Teniendo en cuenta la Tabla 9 y utilizando los datos del apartado 3 “Resultados analíticos” el agua de riego a utilizar se clasifica como un agua con un problema creciente en cuanto al riesgo de obstrucción química en riego localizado.

Este problema habrá que paliarlo mediante la adición de sustancias en el cabezal como tratamiento previo del agua.

ANEJO N°4

Material vegetal

ÍNDICE

1. SELECCIÓN DE LA VARIEDAD:	1
1.1. Características agronómicas	2
1.2. Características comerciales.	3
2. SELECCIÓN DEL PORTAINJERTO	3

1. SELECCIÓN DE LA VARIEDAD.

A la hora de seleccionar el material vegetal se debe tener en cuenta varios criterios:

- **Vigor:** En plantaciones tradicionales se busca un vigor medio-alto mientras que en las plantaciones intensivas se busca un vigor menor.

- **Autofertilidad:** Las primeras variedades de almendro tenían problemas de autofertilidad y necesitaban polinizadores. Con el tiempo se ha mejorado este factor y se han obtenido nuevas variedades autofértiles. El uso de variedades autofértiles es una ventaja para el diseño de plantación siendo innecesario el uso de polinizadores.

- **Origen geográfico:** Las variedades de almendro actuales provienen de países muy distantes entre sí, como puede ser el caso de España y California. A la hora de seleccionar las variedades se antepondrán aquellas de la zona autóctona debido a que se adaptarán mejor al clima.

- **Productividad:** La situación actual del almendro en España es bastante preocupante debido a la escasa productividad de dicho cultivo. En España, la producción media se encuentra en 150 kg/ha, en cambio países como Australia o en algunos Estados como California se producen de media 2500 kg/ha.

Sin embargo, hoy en día, existen numerosas variedades con cualidades excepcionales y óptimas producciones.

- **Fenología:** El almendro es una especie de floración temprana. En la zona de Navarra, su floración se produce a mediados de Febrero. A su vez, se trata de una especie muy sensible a las heladas en estos periodos, tal y como queda reflejado en el Anejo nº2, “Análisis agroclimático”.

Actualmente, gracias a varios avances científicos se han mejorado estas propiedades haciendo posible la obtención de nuevas variedades cuyo inicio de floración se da desde Marzo hasta Mayo, y que incluso, pueden presentar cierta resistencia a las heladas.

- **Resistencia a enfermedades:** El almendro es sensible a varias enfermedades y patógenos. Las principales son:

- ✓ Mancha ocre (*Polystigma ochraceum*)

- ✓ Fusicoccum (*Phomopsis amygdali*)
- ✓ Monilia (*Monilia*)

Además, un productor de almendra no debe estar cogiendo más de dos semanas la misma variedad por el peligro de caída, en este caso, teniendo en cuenta la hipotética producción máxima, se estima que no es necesaria la inclusión de una segunda variedad en la plantación.

Atendiendo a estos criterios, la variedad seleccionada es la variedad Vairo del Instituto de investigación de la Generalitat de Catalunya “IRTA”.

1.1. Características agronómicas

A continuación se exponen las características agronómicas y comerciales de la variedad Vairo, evolucionada por el Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de la Generalitat de Catalunya:

- Vigor del árbol: bastante vigoroso. Esta característica le permite mantener un buen equilibrio entre la producción y el crecimiento vegetativo.
- Densidad foliar: media.
- Porte: medio.
- Intensidad de ramificación: media.
- Formación y poda: muy fácil.
- Localización de los frutos: principalmente en ramilletes, pero también en brindillas y ramos mixtos.
- Época de floración: tardía (similar a “Guara” y “Glorieta”). En Tarragona, 26 días después de “Desmayo Largueta” (media de 12 años de observaciones).
- Genotipo S de compatibilidad: S9Sf.
- Polinización: autofértil. No necesita polinización cruzada. Variedad autocompatible y con buen nivel de autogamia (capaz de producir en condiciones de aislamiento).
- Intensidad de floración: abundante.

- Duración de la floración: media.
- Precocidad en la entrada en producción: precoz.
- Capacidad productiva: muy alta.
- Regularidad en la producción: buena. Poco alternante.
- Tolerancia al “fusicoccum” (Phomopsis amygdali): tolerante.
- Tolerancia a la “mancha ocre” (Polystigma ochraceum): muy tolerante.
- Época de maduración: temprana.
- Aptitud para la recolección: buena. En la madurez los frutos se mantienen adheridos a los ramos. Cuando se vibra el árbol se desprenden con facilidad.
- Facilidad de despellejado: buena. El pellejo se separa fácilmente de la cáscara.

1.2. Características comerciales.

- Forma de la almendra: acorazonada-amigdaloides.
- Tamaño del grano: medio (1,2 g).
- Rendimiento al descascarado: 29 %.
- Consistencia de la cáscara: dura.
- Porcentaje de almendras dobles: sin dobles (0,1 %).
- Aspecto del grano: atractivo. Tegumento liso y de color claro, sin arrugas.
- Composición del grano repelado: aceite: 52,7 %; proteína bruta: 24,5 %; azúcares solubles: 3,0 %; fibra bruta: 9,0 %; agua: 4,6 %.

2. SELECCIÓN DEL PORTAINJERTO

A su vez, la elección del patrón o portainjerto requiere mucha atención ya que en gran parte la adaptación de la plantación a la zona de cultivo depende de las características del portainjerto. El patrón seleccionado es el ya contrastado GF-677 (híbrido de almendro x melocotonero) ya que su vigor es adecuado al sistema de producción extensivo, el único inconveniente es que no tolera demasiado bien la asfixia radicular, problema que se subsanará mediante el aporcado de los árboles.

ANEJO N° 5

Necesidades hídricas y diseño agronómico

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN	1
2.1.	Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o):	1
2.2.	Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET _c):	2
2.3.	Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET _c aj):	2
2.4.	Ecuación de FAO Penman-Monteith	3
2.5.	El coeficiente del cultivo, K _c	4
2.6.	Evapotranspiración del cultivo, ET _c	6
3.	PRECIPITACIÓN	7
4.	NECESIDADES DE AGUA	7
4.1.	Necesidades netas (N _n)	7
5.	NECESIDADES TOTALES (N _t):	9
6.	DISEÑO AGRONÓMICO.	12
6.1.	Diseño agronómico.	12
6.1.1.	<i>Datos previos.</i>	12
6.1.2.	<i>Superficie mojada por emisor.</i>	14
6.1.3.	<i>Número de emisores por planta.</i>	14
6.1.4.	<i>Intervalo entre riegos.</i>	14
6.1.5.	<i>Tiempo de riego.</i>	15

1. INTRODUCCIÓN

Con objeto de poder determinar los caudales necesarios en la red de distribución y poder dimensionar la misma, se hace indispensable realizar en primer lugar el cálculo de las necesidades hídricas del cultivo.

Para el cálculo de las necesidades del cultivo, se necesita:

- Calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0): Este cálculo se realizará mediante el método Penman-Monteith.
- Determinar los diferentes coeficientes de cultivo (K_c).
- Calcular las necesidades de agua del cultivo a partir de los valores de ET_0 , K_c , Precipitación efectiva (P_{ef}) y Eficiencia del riego (E_a).

2. EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo.

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

El concepto de evapotranspiración incluye tres diferentes definiciones: evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar ($ET_{c_{aj}}$).

2.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0):

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina ET_0 . La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto

con características específicas.

2.2. Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c):

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ET_c , y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes.

La evapotranspiración del cultivo puede ser calculada a partir de datos climáticos e integrando directamente los factores de la resistencia del cultivo, el albedo y la resistencia del aire en el enfoque de Penman-Monteith. Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método de Penman-Monteith se utiliza solo para la estimación de la tasa de evapotranspiración del cultivo estándar de referencia (ET_0). La relación ET_c/ET_0 que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos, es conocida como Coeficiente del Cultivo (K_c), y se utiliza para relacionar ET_c a ET_0 de manera que $ET_c = K_c ET_0$.

Las diferencias en la anatomía de las hojas, características de los estomas, las propiedades aerodinámicas, e incluso el albedo, ocasionan que la evapotranspiración del cultivo difiera de la evapotranspiración del cultivo de referencia bajo las mismas condiciones climáticas. Debido a variaciones en las características del cultivo durante los diferentes periodos de crecimiento, para un determinado cultivo, K_c cambia desde la siembra hasta la cosecha.

2.3. Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar ($ET_{c_{aj}}$):

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar ($ET_{c_{aj}}$) se refiere a la evapotranspiración de cultivos que crecen bajo condiciones ambientales y de manejo diferentes de las condiciones estándar. Bajo condiciones de campo, la evapotranspiración real del cultivo puede desviarse de ET_c debido a condiciones no óptimas como son la presencia de plagas y enfermedades, salinidad del suelo, baja fertilidad del suelo y limitación o exceso de agua. En este caso, al no conocer las limitaciones del cultivo, no realizaremos estos cálculos y las necesidades hídricas las

calcularemos únicamente con la ET_c .

2.4. Ecuación de FAO Penman-Monteith

El método de FAO Penman-Monteith se recomienda como el único método para determinar la evapotranspiración de referencia ET_o . Este método se basa en la siguiente ecuación:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u_2)}$$

donde:

ET_o	evapotranspiración de referencia (mm día^{-1})
R_n	radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{día}^{-1}$)
R_a	radiación extraterrestre (mm día^{-1})
G	flujo del calor de suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{día}^{-1}$)
T	temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)
u_2	velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-1})
e_s	presión de vapor de saturación (kPa)
e_a	presión real de vapor (kPa)
$e_s - e_a$	déficit de presión de vapor (kPa)
Δ	pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)
γ	constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

Los factores meteorológicos que determinan la evapotranspiración son los componentes del tiempo que proporcionan energía para la vaporización y extraen vapor de agua de una superficie evaporante. Los principales parámetros meteorológicos que se deben considerar son la temperatura del aire, la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad del viento. Los datos meteorológicos utilizados provienen de la estación climática situada en el pueblo de Puente la Reina. La ET_o media de cada mes del año del periodo entre 1990 y 2014 y las medias anuales de todo el periodo, que serán las que se

utilicen como referencia, han sido proporcionados por el gobierno de Navarra a través de su web: meteo.navarra, y son los que se muestran en la Tabla 1:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
ET₀ (mm)	10.8	13.5	30.0	44.2	75.5	109.7	135.1	128.1	86.6	51.8	22.6	11.7	719.5

Tabla 1: ET₀ media mensual y anual

2.5. El coeficiente del cultivo, K_c

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores de coeficiente del cultivo. Por otra parte, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo también afectarán al valor del coeficiente K_c . A medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar variarán progresivamente. Debido a las diferencias en evapotranspiración que se presentan durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo, el valor de K_c correspondiente a un cultivo determinado, también variará a lo largo del período de crecimiento del mismo. Este período de crecimiento puede ser dividido en cuatro etapas: inicial, de desarrollo del cultivo, de mediados de temporada y de final de temporada.

Etapla inicial: La etapa inicial está comprendida entre la fecha de siembra y el momento que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo. Durante el período inicial el área foliar es pequeña y la evapotranspiración ocurre principalmente como evaporación en el suelo. Por lo tanto, el valor de K_c durante el período inicial ($K_{c\text{ ini}}$) es alto cuando el suelo se encuentra húmedo debido al riego o lluvia, y es bajo cuando la superficie del suelo se encuentra seca.

Etapla de desarrollo del cultivo: La etapa de desarrollo del cultivo está comprendida desde el momento en que la cobertura del suelo es de un 10% hasta el momento de alcanzar la cobertura efectiva completa. A medida que el cultivo se desarrolla y sombrea cada vez más el suelo, la evaporación se verá cada vez más restringida y la transpiración gradualmente se convertirá en el proceso más importante.

Durante la etapa de desarrollo del cultivo, el valor de K_c se corresponderá con la cantidad de la cobertura del suelo y el desarrollo de la planta

Etapa de mediados de temporada: La etapa de mediados de temporada comprende el período de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. El comienzo de la madurez está indicado generalmente por el comienzo de la vejez, amarillamiento o senescencia de las hojas, caída de las hojas, o la aparición del color marrón en el fruto, hasta el grado de reducir la evapotranspiración del cultivo en relación con la ET_o de referencia. Durante la etapa de mediados de temporada, el coeficiente K_c alcanza su valor máximo. El valor de K_c en esta etapa ($K_{c\ med}$) es relativamente constante para la mayoría de los cultivos.

Etapa de finales de temporada: La etapa final o tardía de crecimiento comprende el período entre el comienzo de la madurez hasta el momento de la cosecha o la completa senescencia. Se asume que el cálculo de los valores de K_c y ET_c finaliza cuando el cultivo es cosechado, secado al natural, alcanza la completa senescencia o experimenta la caída de las hojas. Para algunos tipos de vegetación perenne en climas libres de heladas, los cultivos pueden desarrollarse durante todo el año, por lo que podría tomarse la fecha de término de la etapa final como la misma fecha de ‘siembra’. El valor de K_c al finalizar la etapa final ($K_{c\ fin}$) refleja el efecto de las prácticas de cultivo y el manejo del agua. Si el cultivo es regado frecuentemente hasta el momento de su cosecha en fresco, el valor de $K_{c\ fin}$ será alto. Si se permite la senescencia y secado del cultivo en el campo antes de la cosecha, el valor de $K_{c\ fin}$ será bajo. El estado de senescencia es generalmente asociado a una conductancia menos eficiente de los estomas debido a los efectos del envejecimiento, lo que causa una reducción en el valor de K_c .

En este caso en concreto, para el almendro, durante los meses de diciembre, enero y febrero no se calcula la evapotranspiración puesto que los árboles se encuentran en periodo de reposo invernal, no muestran actividad vegetativa aparente, no hay crecimiento ni floración y la transpiración puede tener lugar pero de una forma lenta y poco intensa. Los coeficientes de cultivo según FAO del almendro han sido elegidos para el caso de un suelo sin cobertura vegetal y serán los que aparecen en la Tabla 2.

Almendro	
K_{ini}	0,2
K_{med}	0,85
K_{fin}	0,6

Tabla 2: Diferentes Kc para almendro

2.6. Evapotranspiración del cultivo, ET_c

De acuerdo con el enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo ET_c se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, ET_o y el coeficiente del cultivo K_c :

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde:

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ET_o : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

K_c : Coeficiente del cultivo (adimensional)

El valor de ET_c hace referencia a las necesidades mensuales totales de agua que requiere cada cultivo, que deberán ser cubiertas ya sea por medio de lluvia, o bien mediante la aplicación de riego, El cálculo de los valores mensuales se muestran en la Tabla 3.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ET_o	10,8	13,5	30	44,2	75,5	109,7	135,1	128,1	86,6	51,8	22,6	11,7
K_c			0,2	0,65	0,75	0,85	0,85	0,8	0,75	0,7	0,55	
ET_c			6	28,73	56,63	93,25	114,84	102,48	64,95	36,26	12,43	

Tabla 3: Cálculo de las ET_c mensuales

De esta manera, podemos estimar que la Evapotranspiración de cultivo diaria será la siguiente:

$$ET_c = \frac{114,84}{31} = 3,70 \text{ mm/día}$$

3. PRECIPITACIÓN

En otros sistemas de riego, la precipitación es un factor a tener en cuenta ya que con ella se suplen parte de las necesidades hídricas del cultivo, en cambio, en el riego localizado este valor no suele tenerse en cuenta (Pizarro, 1996). Esto es debido a que la finalidad de este tipo de riego es mantener el suelo hídricamente saturado por lo que al ser imposible de prever la ocurrencia de las precipitaciones, los cálculos se realizarán sin tenerlas en cuenta.

4. NECESIDADES DE AGUA

A efectos de diseño, lo que nos interesa conocer son las necesidades punta del cultivo, en función de las cuales dimensionaremos la instalación de riego. Estas necesidades se calculan a partir de la ET que se ha analizado anteriormente. En los cálculos previos se han tenido en cuenta una serie de datos climáticos para la corrección de los resultados, pero no se han tenido en cuenta una gran cantidad de condicionantes locales que pueden influir en la evapotranspiración.

El riego localizado tiene una serie de peculiaridades ya que al solo mojarse una fracción de suelo, la evaporación disminuye, sin embargo aumenta la transpiración debido a los siguientes factores:

- En primer lugar porque se produce un calentamiento mayor de la superficie del suelo, emitiendo más cantidad de radiación de onda larga (proporcional a la temperatura del suelo), el cual es captado por la masa foliar.

- Además, el aire sobre el suelo se calienta más que si todo el suelo estuviese húmedo, aportando más energía a la planta.

4.1. Necesidades netas (N_n)

Por tanto, para tener en cuenta los condicionantes anteriormente explicados, las necesidades netas corresponderían al producto de la evapotranspiración y una serie de correcciones que a continuación se detallan:

$$N_n = ET_c K_1 K_2 K_3$$

Efecto de localización (K_1)

Hay varios métodos; parecen los más prácticos los que tienen en cuenta el área sombreada por el cultivo a la que llamamos A (fracción de superficie del suelo sombreada por la cubierta vegetal a mediodía en el solsticio de verano, respecto a la superficie total, tomando r como 1,5 metros). La fracción de área sombreada es

$$A = \frac{\pi r^2}{7 \times 7} = 0,14$$

El área sombreada se comporta como el suelo en riegos no localizados, mientras que el área no sombreada elimina agua con una intensidad mucho menor. La corrección por localización la haremos multiplicando ET_c por un coeficiente de localización K_l , cuyo valor depende de A. Diversos autores han estudiado la relación entre K_l y A, obteniendo las fórmulas siguientes:

$$\text{Aljibury et al. } K_1 = 1,34 A = 0,19$$

$$\text{Decroix } K_1 = 0,1 + A = 0,24$$

$$\text{Hoare et al } K_1 = A + 0,5(1-A) = 0,57$$

$$\text{Keller } K_1 = A + 0,15(1-A) = 0,27$$

El valor medio es de 0,32, pero si como recomiendan los expertos eliminamos los dos valores extremos, la media de los dos valores restantes se queda en 0,255

Correcciones por condiciones locales (K_2)

Corrección por variación climática, ya que los valores para los que se ha obtenido la ET_c corresponden a la medida de valores climáticos de un determinado número de años, con lo cual en ciertos años la evapotranspiración será mayor. Esta corrección es precisa en riego localizado debido a la exactitud con que puede añadirse el agua necesaria.

$$K_2 = 1,2$$

Variación por advección (K_3)

Lo aplicamos en función de la superficie de campo (Figura 1). En este caso, la explotación es de 1,6Ha a lo que corresponde un factor de advección de 0,95.

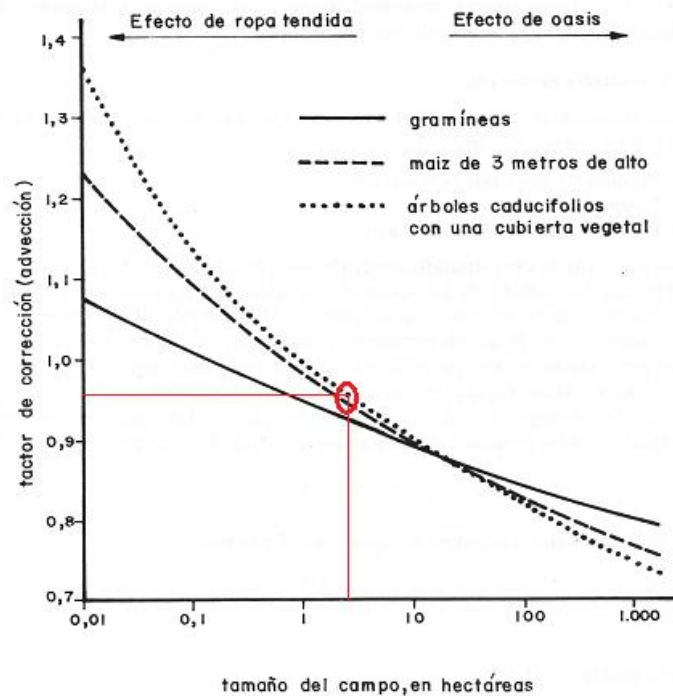


Figura 2: Corrección por advección. Obtención del coeficiente K3

De esta manera, las necesidades netas tras estas tres correcciones serían las siguientes:

$$N_n = ET_c K_1 K_2 K_3 = 3,70 \times 0,255 \times 1,2 \times 0,95 = 1,07 \text{ mm/día}$$

5. NECESIDADES TOTALES (N_t):

Para el cálculo de las necesidades totales, habría que tener en cuenta tres hechos: Pérdidas de agua por percolación, necesidades de lavado y falta de uniformidad del riego

Pérdida de agua en los riegos localizados son prácticamente las debidas a percolación (P_p). Llamando A al agua a aplicar se cumple:

$$A = N_n + P_p$$

Si definimos la eficiencia de aplicación como E_a

$$E_a = N_n / A$$

$$P_p = A(1 - E_a)$$

Las necesidades de lavado R son un sumando que hay que añadir a las necesidades netas para mantener la salinidad del suelo a un nivel no perjudicial. Si

suponemos que por el momento no hay pérdidas por percolación, se puede escribir:

$$A = N_n + R$$

A la relación entre R y A se denomina Coeficiente de Necesidades de Lavado y se expresa por LR.

$$LR = \frac{R}{A}$$

Con lo que se puede escribir:

$$A = N_n + A LR$$

Observando esto, podemos ver que tanto en el caso de pérdidas como en el de lavado, A, se puede expresar como la suma de N_n y un sumando que es proporcional a A:

$$A = N_n + AK$$

donde,

$K = (1 - E_a)$ en el caso de pérdidas.

$K = LR$ en el caso de lavado. (LR se puede calcular por la fórmula

$$LR = \frac{CEi}{2CEe}$$

CEi: Conductividad eléctrica del agua de riego

2CEe: Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, valor que se propone como objetivo a conseguir con el lavado.

En general elegiremos el valor mayor de K en los dos casos posibles. Por tanto:

$$A = \frac{N_n}{1 - K}$$

Para llegar finalmente a las necesidades totales hay ver la falta de uniformidad de riego. Los emisores de una instalación arrojan caudales que no son exactamente iguales. A efectos de diseño, se establece que la parte de la finca que menos agua reciba, reciba al menos una cierta fracción de la dosis media; a esa fracción la llamamos coeficiente de uniformidad y se representa por CU. Por tanto, las necesidades totales se calculan como:

$$N_t = \frac{A}{CU}$$

Y teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, se llega a la siguiente fórmula que va a ser la empleada en el diseño:

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - K)CU}$$

En el caso planteado:

Coeficiente de uniformidad (CU):

Para goteros espaciados más de 1 metro, con más de 3 emisores por planta, topografía uniforme y pendiente inferior al 2%, el coeficiente de uniformidad adquiere un valor de (CU= 0,9).

Eficiencia de aplicación (E_a):

Varios autores informan acerca de los valores de E_a. Entre ellos seleccionamos los proporcionados por Keller (1978) según el cual, para la estimación de E_a hay que distinguir dos casos, climas áridos y climas húmedos. Estos valores se muestran a continuación (Tabla 4 y Tabla 5):

Textura				
Prof raíces (m)	Muy porosa	Arenosa	Media	Fina
#0,75	0,85	0,90	0,95	0,95
0,75-1,50	0,90	0,90	0,95	1,00
\$1,50	0,95	0,95	1,00	1,00

Tabla 4: Valores de E_a en climas áridos

Textura				
Prof raíces (m)	Muy porosa	Arenosa	Media	Fina
#0,75	0,65	0,75	0,85	0,90
0,75-1,50	0,75	0,80	0,90	0,95
\$1,50	0,80	0,90	0,95	1,00

Tabla 5: Valores de E_a en climas húmedos

Siguiendo con nuestro problema,

-E_a: Clima húmedo, profundidad de raíces 0,75-1,50m. Textura: entre media y pesada E_a=0,90

-LR: CE_i= 0,943 mmhos/cm

-CE_e= 6,8 mmhos/cm (almendros, producción del 100%)

$$LR = \frac{0,943}{2 \times 6,8} = 0,07$$

$$K = 1 - E_a = 1 - 0,90 = 0,10$$

$$K = LR = 0,07$$

Elijo el más alto que es 0,10 (es decir que para evitar la salinización regamos con un exceso del 10%)

Y aplicando la formula anterior:

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - K)CU} = \frac{1,07}{(1 - 0,1) \times 0,9} = 1,32 \text{ l/m}^2$$

Que lo expresamos también así:

-necesidades diarias por árbol (marco de 7x7)

$$1,32 \times 7 \times 7 = 64,68 \text{ l/día}$$

- Caudal ficticio continuo:

$$\frac{1,32 \times 10.000}{24 \times 3600} = 0,15 \frac{\text{l}}{\text{sg}} \text{ ha}$$

6. DISEÑO AGRONÓMICO.

Una vez calculadas las necesidades de riego hay que determinar la dosis, frecuencia y duración del riego, así como el número de emisores por planta y el caudal por emisor. Finalmente se decide la disposición de los emisores. Estos parámetros se van a determinar para las necesidades punta.

6.1. Diseño agronómico.

6.1.1. Datos previos.

Necesidades diarias totales de agua: 1,32 mm/día (Dp).

Profundidad de las raíces: 0,95 m (Pr).

Marco de plantación: (7x7) m².

Porcentaje de suelo mojado (P): En cultivos frutales con marcos de plantación amplios, este oscila entre el 20 y el 35%. En este caso, al ser un marco de plantación tan extenso, para comenzar con los tanteos se escogerá el valor mínimo, 20%.

Caudal del emisor: 4 l/h

Para calcular la superficie que humedece un gotero de caudal 4l/h lo ideal sería realizar una prueba de campo en el emplazamiento exacto de la parcela a transformar ya que la principal variabilidad se corresponde al tipo de suelo, en este caso al ser un proyecto hipotético, dichos datos se obtendrán de un estudio de campo previo realizado en la zona de tierra Estella en unas condiciones similares.

Los resultados de las pruebas de campo se muestran en la Tabla 6

<i>Tiempo h</i>	<i>Caudal (Ve) l</i>	<i>Radio del bulbo (r) m</i>	<i>Profundidad del bulbo (Pb) m</i>
1	4	0,22	0,25
2	8	0,30	0,34
3	12	0,37	0,45
4	16	0,56	0,58
5	20	0,73	0,65
6	24	0,77	0,85
7	28	0,80	1,00
8	32	0,83	1,1
9	36	0,87	1,17
10	40	0,90	1,28

Tabla 6: Prueba de campo.

6.1.2. Superficie mojada por emisor.

La profundidad del bulbo (Pb) debe estar comprendida entre el 90 y el 120% de la profundidad de la raíz.

$$0,9 \times Pr < Pb < 1,2 \times Pr$$

$$0,9 \times 0,95 \text{ m} < Pb < 1,2 \times 0,95 \text{ m}$$

$$0,85 \text{ m} < Pb < 1,14 \text{ m}$$

En las pruebas de campo se observa que a una profundidad de 1 m corresponde un radio mojado de 0,80 m y un caudal de 28 litros en 7 horas.

$$\text{Superficie mojada por emisor} = \Pi r^2 = \Pi \times 0,80^2 = 2,01 \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie mojada por planta} = 0,2 \times 7 \times 7 = 9,8 \text{ m}^2.$$

6.1.3. Número de emisores por planta.

$$\text{Número de emisores}(e) = \frac{\text{Superficie mojada por planta}}{\text{Superficie mojada por emisor}} = \frac{9,8 \text{ m}^2}{2,01 \text{ m}^2} = 4,87$$

Por lo tanto, se emplearan 5 emisores por planta.

6.1.4. Intervalo entre riegos.

$$\text{Intervalo entre riegos (I)} = \frac{e \text{ Ve}}{\text{Necesidades diarias totales}} = \frac{5 \times 28 \text{ l}}{64,68 \frac{\text{l}}{\text{día}}} = 2,16 \text{ días}$$

El intervalo entre riegos no sale un intervalo exacto en días, de todas formas, se empleará un intervalo de 2 días, 3 horas y 50 minutos o lo que es lo mismo, 2,16 días:

$$I = \frac{e \text{ Ve}}{N} = 2,16 \text{ días} = \frac{5 \text{ Ve}}{64,68 \text{ l/día}}$$

$$2,16 \text{ días} \times 64,68 \text{ l/día} = 5 \times 28 \text{ l/emisor}$$

$$\text{Porcentaje de suelo mojado} = \frac{5 \Pi \times 0,85^2}{7 \times 7} 100 = 23,16\%$$

Vamos a escoger 5 emisores por almendro con un caudal de 28 litros.

6.1.5. Tiempo de riego.

$$t = \frac{D_p}{e q_{nom}} = \frac{64,68 l}{5 \times 4 l/h} = 3 \text{ horas y } 15 \text{ minutos}$$

En resumen se regará cada 2 días, 3 horas y 50 minutos, con 5 emisores por árbol de 4l/h de caudal, los cuales aplican un volumen de 28 l/emisor durante un tiempo de 3 horas y 15 minutos.

6.1.6. Disposición de los emisores y solape.

La distancia D entre goteros consecutivos debe ser:

$$D = r \left(2 - \frac{S}{100} \right)$$

donde r es el radio del bulbo húmedo y S el porcentaje de solape.

El solape debe estar comprendido entre el 15 y el 30%, con lo que se va a coger un valor medio del 23%.

$$D = \left(2 - \frac{S}{100} \right) = 0,85 \left(2 - \frac{23}{100} \right) = 1,5m \text{ de separación entre emisores.}$$

ANEJO N°6

Diseño hidráulico

ÍNDICE

1.	DISEÑO HIDRÁULICO.	1
1.1.	Límites de utilización del proyecto.	1
1.2.	Simbología y unidades empleadas.	1
1.3.	Tolerancia de caudales.	2
1.4.	Tolerancia de presiones.	2
1.5.	Calculo de laterales.	3
1.6.	Cálculo de terciaria.	7
1.7.	Cálculo de primaria.	8
1.8.	Diseño y cálculo del cabezal y tubería de impulsión.	10
1.8.1.	<i>Cabezal de riego y tubería de impulsión.</i>	10
1.8.1.1.	<u>Difusor.</u>	11
1.8.1.2.	<u>Ventosa.</u>	11
1.8.1.3.	<u>Válvulas de retención.</u>	12
1.8.1.4.	<u>Válvulas de alivio.</u>	12
1.8.1.5.	<u>Válvula de compuerta (Válvula de regulación).</u>	12
1.8.1.6.	<u>Hidrociclón.</u>	13
1.8.1.7.	<u>Equipo de fertirrigación.</u>	14
1.8.1.8.	<u>Filtros de malla.</u>	14
1.8.1.9.	<u>Contador.</u>	18
1.8.2.	<i>Cálculo de la tubería de impulsión.</i>	18
1.8.3.	<i>Altura manométrica de impulsión.</i>	18
1.9.	Bomba de impulsión	19

1. DISEÑO HIDRÁULICO.

1.1. Límites de utilización del proyecto.

El agua empleada para el riego se obtendrá de un pozo de sondeo situado en la parcela que proporciona un caudal máximo de 3 l/sg. Por tanto, nuestro límite de utilización será este.

1.2. Simbología y unidades empleadas.

Símbolo	Significado	Unidad
CU	Coefficiente de uniformidad	-
CV	Coefficiente de variación	-
e	Numero de de emisores por planta	U
q _a	Caudal por emisor	l/h
l	Longitud del lateral	m
I	Pendiente	Tanto por uno
S _e	Separación entre emisores	m
F	Factor de Christiansen	.
β	Coefficiente para F de Christiansen (Blasius)	-
K _x	Factores curva emisor	-
f _e	Longitud equivalente	m
n	Numero de emisores	U
d (ixl)	Desnivel	m
Q	Caudal total en el lateral	l/h
q _{ns}	Caudal mínimo	l/h
H	Perdidas de carga totales	m
h _a	Presión media en el lateral	m
h _{ns}	Presión mínima en el lateral	m
ΔH	Tolerancia de presiones	m
ΔH _t	Variación de presión admisible en terciaria	m
ΔH _l	Variación de presión admisible en lateral	m
J	Perdida de carga unitaria	m/m
J'	Perdida de carga unitaria incluidas conexiones de emisor	m/m
Re	Numero de Reynolds	-

Tabla 1: Simbología empleada

1.3. Tolerancia de caudales.

Una vez establecido el coeficiente de uniformidad, y conocido el caudal medio de los emisores, partiendo de la fórmula del coeficiente de uniformidad se puede despejar el caudal mínimo admisible del siguiente modo:

$$CU \text{ (coeficiente de uniformidad)} = 0,9$$

$$q_a = \text{caudal medio del emisor} = 4 \text{ l/h}$$

$$CV \text{ (coeficiente de variación)} = 0,04$$

$$q_{ns} \text{ (caudal mínimo admisible)}$$

$$e = n^\circ \text{ de emisores.}$$

$$CU = 0,9 = \left(1 - \frac{1,27 - CV}{\sqrt{e}}\right) \times \frac{q_{ns}}{q_a} = \left(1 - \frac{1,27 - CV}{\sqrt{5}}\right) \times \frac{q_{ns}}{4} \text{ de aquí despejamos } q_{ns} \text{ y nos}$$

sale que: $q_{ns} = 3,68$

1.4. Tolerancia de presiones.

Cualquiera que sea el tipo de emisor, entre el caudal emitido y la presión de servicio existe la siguiente relación, denominada ecuación del emisor:

$$q_a = Kh^x$$

Siendo: q_a : caudal del emisor (l/h)

K : coeficiente de descarga.

x : exponente de descarga

h : presión a la entrada del emisor (m.c.a.)

K y x son valores característicos de cada emisor y los proporciona el fabricante, en este caso, para nuestro emisor, la fórmula que nos proporciona el fabricante es la siguiente:

$$\text{Ecuación del emisor: } = 1,387 h^{0,46}$$

Conocidos q_a , q_{ns} , así como la ecuación del emisor se calculan las presiones medias (h_a) y mínima (h_{ns})

$$q_a = 4 = 1,387 h^{0,46} \text{ y de ahí se obtiene: } h_a = \left(\frac{4}{1,387}\right)^{1/0,46} = 10\text{m}$$

$$q_{ns} = 3,68 = 1,387 h_{ns}^{0,46} \text{ y de ahí se obtiene: } h_{ns} = \left(\frac{3,68}{1,387} \right)^{1/0,46} = 8,34 \text{ m}$$

La diferencia de presiones en el conjunto de la unidad, ΔH , es:

$$\Delta H = M(h_a - h_{ns})$$

donde M es un factor que depende del número de diámetros distintos en el lateral (M=2,5 en la fase de cálculo).

$$\Delta H = 2,5 \times (10 - 8,34) = 2,5 \times 1,66 = 4,15 \text{ m.}$$

La diferencia de presiones en el conjunto de la unidad (ΔH), se reparte entre terciaria (ΔH_t) y laterales (ΔH_l):

$$\Delta H = \Delta H_t + \Delta H_l$$

Al ser el terreno de poca pendiente: $\Delta H_t = \Delta H_l = \Delta H/2 = 2,075 \text{ m.}$

1.5. Cálculo de laterales.

Para el cálculo de los laterales se van a utilizar las siguientes expresiones:

Régimen en el interior del lateral (número de Reynolds).

$$q = nq_a$$

q = caudal del lateral en l/h.

n = número de emisores del lateral.

D = Diámetro interior de la tubería.

Pérdidas de carga teniendo en cuenta las conexiones.

$$J' = J \left(\frac{S_e + f_e}{S_e} \right)$$

Siendo:

J' = Pérdidas con conexiones (m/m).

J = Pérdida de carga unitaria

S_e (m) = separación entre emisores.

f_e (m) = longitud equivalente de la conexión del gotero calculada mediante la siguiente fórmula: $f_e(m) = 23,04d^{-1,84}(mm)$

Pérdidas de carga en el lateral.

$$h_f = J'Fl$$

Siendo:

h_f = Pérdida de carga por rozamiento en el lateral (m).

F = (Coeficiente de Christiansen para β (Blasius) = 1,75)

l = longitud del lateral (m).

Presiones en el lateral.

h_m = presión al inicio del lateral (m).

h_n = presión mínima en el lateral (m).

h_{ns} = presión al final del lateral (m).

i = pendiente del lateral en tanto por uno.

l = longitud del lateral en m.

d = desnivel del lateral (m).

En el caso de la parcela a transformar, se estima que no será necesaria dividirla en subparcelas ya que dada su pequeña extensión, se supone antes de realizar la totalidad de los cálculos que no habrá limitaciones de agua ni de presiones.

Las dimensiones totales de la parcela son de 130m x 128m, pero, como se puede observar en el Plano nº3 “Red de distribución”, se va a incluir un margen exterior de 4,5m en los perímetros situados al NE y SO y de 5,5m en los perímetros situados al NO y SE, con la intención de que la plantación no invada las parcelas colindantes. De esta manera nuestra parcela de cultivo resultará de 119m x 119m y para evitar que los laterales sean extremadamente largos, se ha optado por alimentarlos por un punto intermedio en vez de alimentarlos por un extremo.

En este caso, lo primero hay que determinar es el punto óptimo del lateral en el que debe conectarse la terciaria. Si el terreno fuese horizontal, el punto óptimo sería evidentemente el centro del lateral. Pero al tener un ligero desnivel, el punto óptimo estará más cerca del extremo más alto. Su emplazamiento se calcula con la única

condición de que se igualen las presiones mínimas en ambos ramales del lateral.

A continuación se detallan los cálculos realizados para determinar el diámetro de la tubería y su emplazamiento óptimo:

Datos:

$$i = -0,00235$$

$$S_e = 1,5\text{m}$$

$$n = 119/1,5 = 79 \text{ emisores}$$

$$q = 240 \text{ l/h}$$

$$q_{ns} = 3,68 \text{ l/h}$$

$$h_a = 10\text{m}$$

$$h_{ns} = 8,34\text{m}$$

$$\Delta H_l = 2,075\text{m}$$

$$D = 12/10,3 \text{ mm}$$

$$f_e = 23,04 \cdot d^{-1,84} = 0,31$$

$$F = \frac{1}{1+\beta} + \frac{1}{2n} + \frac{\sqrt{\beta-1}}{6n^2} = \frac{1}{1+1,75} + \frac{1}{2(79)} + \frac{\sqrt{1,75-1}}{6(79^2)} = 0,370$$

Cálculos:

Se elige por tanteo una tubería con diámetro 12mm exterior y 10,3mm interior y se calcula h_{ft} , pérdida de carga por rozamiento en una tubería de longitud, numero de emisores y caudal igual a la suma de ambos ramales:

Suponiendo 20°C:

$Re = 352,64(q/D) = 352,64(240/10,3) = 8216,85$; Como $2000 < Re < 100000$; se emplea Blasius

$$J(\text{m/m}) = 0,473 D(\text{mm})^{-4,75} q(l/h)^{1,75} = 0,473 (10,3)^{-4,75} (240)^{1,75} = 0,107 \text{ m/m}$$

$$J' = J \frac{Se+fe}{Se} = 0,107 \frac{1,5+0,31}{1,5} = 0,129$$

$$h_{ft} = J' Fl = 0,129 \cdot 0,372 \cdot 119 = 5,71\text{m}$$

En segundo lugar se calcula d (desnivel) entre ambos extremos del lateral:

$$d = l \times |i| = 119 \times 0,024; \text{ en este caso consideramos } i \text{ y } d \text{ siempre positivos.}$$

A continuación se calcula la diferencia de presión $h_m - h_n$ según la siguiente fórmula:

$$h_m - h_n = t \cdot h_{ft}$$

t es un valor en función de d/h_{ft} , cuyos valores se muestran en la tabla 2, (Pizarro, 1996) para $F=0,370$.

Por tanto,

$$\frac{d}{h_{ft}} = \frac{-0,28}{5,71} = -0,05 \text{ en la tabla 2, corresponde a } t=0,149$$

$t \cdot h_{ft} = 0,149 \times 5,71 = 0,85\text{m} < \Delta H_l = 2,075\text{m}$ por lo que se acepta el diámetro de la tubería lateral.

Ahora se debe calcular el punto óptimo de alimentación, es decir, el valor de x. Para ello, se calcula el valor de x/l en función de d/h_{ft} utilizando de nuevo la Tabla 2.

Según la Tabla 2, en este caso corresponde:

$$x/l = 0,52$$

$x = 0,52 \times 119 = 61,88\text{m}$, La tubería secundaria se colocara a 62 metros desde el extremo superior y a 57 del extremo de menor cota de altura.

$$m = 0,115$$

$$h_m = h_a + m \cdot h_{ft} - ((x/l) - 0,5)d = 10 + (0,115 \times 5,71) - (0,52 - 0,5) \times (-0,28) = 10,66\text{m}$$

$$h_n = h_m - t \cdot h_{ft} = 10,66 - 0,149 \times 5,71 = 9,81\text{m}$$

d/h_{ft}	x/l	m	T
0,0	0,5	0,11	0,149
0,1	0,55	0,12	0,148
0,2	0,6	0,13	0,154
0,3	0,65	0,16	0,165
0,4	0,69	0,2	0,169
0,5	0,72	0,23	0,165
0,6	0,75	0,26	0,163
0,7	0,79	0,31	0,173
0,8	0,81	0,34	0,163
0,9	0,83	0,37	0,154
1,0	0,85	0,41	0,146
1,1	0,87	0,45	0,138
1,2	0,89	0,48	0,32
1,3	0,91	0,53	0,126
1,4	0,92	0,55	0,111
1,5	0,93	0,57	0,097
1,6	0,94	0,59	0,084
1,7	0,95	0,62	0,072
1,8	0,96	0,64	0,062
1,9	0,97	0,67	0,052
2,0	0,98	0,7	0,043
2,1	0,98	0,7	0,029
2,2	0,99	0,72	0,022
2,3	0,99	0,72	0,012
2,4	1,00	0,75	0,007
2,5	1,00	0,75	0,001
2,6	1,00	0,75	0,001
2,7	1,00	0,75	0,001
2,75	1,00	0,75	0,001

Tabla 2: Laterales alimentados por un punto intermedio

1.6. Cálculo de terciaria.

A esta tubería, con la finalidad de que la tubería primaria no coincida con la primera línea de plantación, le vamos a aumentar 2m de longitud, como se puede observar en el Plano nº 3 “Red de distribución”. En nuestro caso, es una parcela cuadrada y al ser un tamaño reducido proyectaremos una tubería terciaria de un único diámetro.

En el cálculo de laterales, además de comprobar que la variación de presión ($h_m - h_n$) es menor que ΔH_l , se ha determinado la presión inicial h_m en esas tuberías. En el cálculo de terciarias se iguala $H_a = h_m$ y a partir de H_a se calculan H_m y H_n , con la condición de $H_m - H_n < \Delta H_t$.

En este caso los cálculos son los descritos para el cálculo de laterales.

Datos:

$$l = 119 + 2 = 121 \text{ m}$$

$$F = 0,370$$

$$Q = 240 \text{ l/h} \times 18 = 4320 \text{ l/h} = 1,2 \text{ l/s}$$

$$H_a = h_m = 10,66 \text{ m}$$

$$D = 40/36,4 \text{ mm}$$

Cálculos

$Re = 352,64 \cdot q/D = 352,64 (4320/36,4) = 41851$; Como $Re < 100000$; se emplea Blasius

$$J(\text{m/m}) = 0,473 D(\text{mm})^{-4,75} q(\text{l/h})^{1,75} = 0,473 (36,4)^{-4,75} (4320)^{1,75} = 0,042 \text{ m/m}$$

$$h = J F l = 0,042 \times 0,370 \times 121 = 1,88 \text{ m}$$

$$H_m = H_a + 0,733h + \frac{d}{2} = 10,66 + 0,733 \times 1,88 + \left(\frac{-0,28}{2}\right) = 11,90 \text{ m}$$

$$t' = 1 + \frac{d}{h} + 0,357 \left(\frac{-d}{h}\right)^{1,57} = 1 + \frac{(-0,28)}{1,88} + 0,357 \left(\frac{-(-0,28)}{1,88}\right)^{1,57} = 0,87$$

$$H_n = H_m - t' h = 11,90 - 0,87 \times 1,88 = 10,26 \text{ m}$$

$H_m - H_n = 11,90 - 10,26 = 1,64 \text{ m} < \Delta H_t = 2,075 \text{ m}$; por lo que se acepta el diámetro de la tubería.

1.7. Cálculo de primaria.

Se entiende por tubería primaria aquella que lleva el agua desde el cabezal de riego hasta la terciaria.

Anteriormente, se han calculado los caudales de cada subunidad y la presión H_m al inicio de la misma. Para calcular la presión necesaria en cada derivación de la primaria, es decir, antes de cada regulador de presión, a la correspondiente H_m hay que sumar la pérdida de carga ocasionada por el regulador, que se obtiene del catálogo del fabricante, lo cual se muestra en la Tabla 3:

UNIDAD	H _m	Q	Regulador		H necesaria
	(m)	(l/h)	Ø ''	Perdidas (m)	(m)
1	11,88	4320	¾	5,5	17,38

Tabla 3: presiones al inicio de la terciaria.

En este caso, se necesita una única tubería primaria que transporte el agua hasta el regulador de presión por lo que la H_{nec} es la ya calculada en la Tabla 3. De este modo, solo hay que calcular las pérdidas de carga que se ocasionan hasta ese punto, para ello, a continuación se elabora la Tabla 4 de las que solo hay que aclarar:

(Columna 4): Se emplea tubería de polietileno de baja densidad de 6 atmósferas de presión nominal.

El diámetro elegido es aquel que permite conducir el caudal necesario a una velocidad que no supere los 1,5 m/s. Con lo que:

$$D \text{ (mm)} > \sqrt{0,236 \times Q(l/h)}$$

Se elegirá el diámetro comercial inmediatamente superior al calculado con la fórmula anterior. Se optará por una tubería de Ø 50/40,8 mm.

(Columna 6): Las pérdidas de carga en puntos singulares se calcularán mediante la siguiente fórmula:

$$H_f = 1,1 \times l \times J$$

(Columna 7): El desnivel se considerará negativo cuando el punto aguas abajo tenga menor cota topográfica que el punto aguas arriba.

(Columna 8): La H_{necesaria} es la correspondiente al final del tramo.

(Columna 9): Se calcula según:

$$H_{\text{real}} = H_{\text{nec}} + (6) + (7)$$

y se comparan H_{real} y H_{necesaria}, eligiendo la mayor de las dos.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Tramo	Longitud (m)	Q (l/h)	$\varnothing_e/\varnothing_i$ (mm)	J (m/m)	H_f (m)	Desnivel (m)	H_{nec} (m)	H_{real} (m)
1	57	4320	50/40,8	0,024	1,50	-0,15	17,38	18,73

Tabla 4: Presión real necesaria.

Una vez calculadas las presiones necesarias antes de la tubería primaria hay que calcular las pérdidas ocasionadas por los diferentes elementos del cabezal de riego así como la presión extra a utilizar para la limpieza de goteros o la necesaria para vencer la diferencia de cotas desde la bomba hasta el regulador de presión:

1.8. Diseño y cálculo del cabezal y tubería de impulsión.

El cabezal es el lugar donde se efectúa, como mínimo, la filtración, acciones de prevención de obturaciones de origen químico o biológico, fertilización y control de las operaciones de riego.

1.8.1. Cabezal de riego y tubería de impulsión.

Siguiendo la dirección del agua desde la salida de la bomba, los elementos del cabezal de riego y tubería de impulsión son:

Difusor.

Ventosa.

Válvula de retención (1).

Válvula de alivio (1).

Válvula de regulación (Válvula de compuerta).

Hidrociclón.

Equipo de fertirrigación.

Filtro de malla.

Contador de agua.

Válvula de retención (2).

Válvula de alivio (2).

En el siguiente diagrama de flujo (Diagrama 1) se muestra la disposición de los elementos del cabezal de riego desde la salida de la bomba, a lo largo de la tubería de impulsión hasta la tubería primaria.

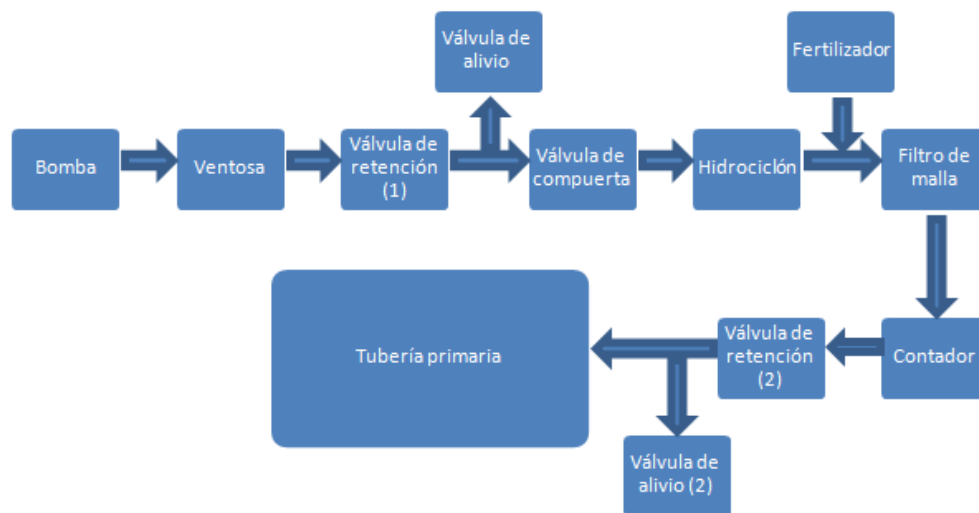


Diagrama 1: Esquema del diseño del cabezal

1.8.1.1. Difusor.

A la salida de la bomba la velocidad del fluido es del orden de 3 a 7 m/s. Debido a que la velocidad en la tubería de impulsión se fija en 1,5 m/s, se debe acoplar un difusor entre la salida de la bomba y el inicio de la tubería de impulsión, que será un cono recto con un ángulo de 8 a 10°.

1.8.1.2. Ventosa.

Su misión es la de evacuar durante el arranque de la bomba el aire acumulado.

Material: fundición de aluminio.

Conexión: rosca hembra.

Diámetro ventosa: 2".

1.8.1.3. Válvulas de retención.

Material: fundición.

Conexión: doble rosca hembra.

(1) Su función es impedir el vaciado de la tubería de impulsión a través de la bomba cuando esta está parada, así como evitar que el rodete gire en sentido inverso al normal de funcionamiento cuando se produce este vaciado. Será del tipo clapeta.

(2) Su función es salvaguardar a los elementos del cabezal del flujo de sentido contrario al habitual cuando se produce la parada de la bomba, el cierre de las válvulas y el consiguiente golpe de ariete.

Las pérdidas de carga de este elemento son las siguientes:

$$h_f = K_s \frac{v^2}{2g} = 2 \frac{1,5^2}{19,62} = 0,23m$$

1.8.1.4. Válvulas de alivio.

Material: fundición.

Conexión: rosca hembra.

Se coloca en derivación como válvula de seguridad sostenedora de presión. Es una válvula hidráulica automática dotada de un piloto que las mantiene cerradas cuando la presión está por debajo de un valor de tarado. En el momento en que se intenta superar este valor, la válvula abre lo suficiente como para mantener la presión de tarado, descargando tan solo a la atmósfera el caudal imprescindible.

(1) Su misión al colocarla a la salida de la bomba es la de limitar las sobrepresiones en la impulsión.

(2) Sirve para disminuir el valor del golpe de ariete y proteger la tubería primaria.

1.8.1.5. Válvula de compuerta (Válvula de regulación).

Material: bronce.

Conexión: rosca 2".

Sirve para poder aislar la bomba de la tubería de impulsión; además se puede

utilizar para variar el punto de funcionamiento de la bomba cuando hay necesidad de ello.

Las pérdidas de carga de este elemento son las siguientes:

$$h_f (1/2 \text{ apertura}) = K_s \frac{v^2}{2g} = 5,6 \frac{1,5^2}{19,62} = 0,64m$$

1.8.1.6. Hidrociclón.

Los hidrociclones son decantadores que permiten eliminar hasta el 98% de las partículas de peso específico superior al agua y con diámetro superior a 0,1 mm. Se recomienda su instalación siempre que se utilice agua procedente directamente de un pozo, dado que es bastante frecuente, en este caso, el arrastre de partículas minerales (arena, limo, etc.).

A la hora de elegir el hidrociclón, como margen de seguridad vamos a aumentar el caudal máximo de trabajo en un 20%. El caudal incrementado es el siguiente:

$$Q=1,2 \times 4,32 \text{ m}^3/\text{h} = 5,18 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las características del hidrociclón elegido son las siguientes:

Conexión:

Tipo: Dentada rosca macho.

Diámetro: 2"

Caudales (m³/h):

Q mínimo: 3,5

Q máximo: 7,5

Pérdidas de carga (mca):

ΔH mínima: 2,07

ΔH máxima: 4,16

Presión de trabajo máxima: 8 atmósferas.

Material: Acero.

1.8.1.7. Equipo de fertirrigación.

El equipo de fertirrigación realiza una inyección de producto químico proporcional al caudal circulante. Consta de los siguientes elementos:

Bomba dosificadora.

Depósito.

Agitador.

Válvula de seguridad.

Amortiguador de pulsaciones.

Filtro

Válvula de aislamiento.

Unidad antisifón y de contrapresión.

Contador de agua.

Contador de líquido a dosificar.

Programador de dosificación proporcional.

Válvula de comando eléctrico.

El depósito de fertilizante será de polietileno con una capacidad de 30 litros. Llevará un agitador eléctrico incorporado.

El único elemento de este equipo que produce cierta pérdida de carga en la tubería de riego es el contador de agua tipo WT de 2", este contador estará fabricado con materiales anticorrosivos y estará dotado con un emisor de impulsos por 1 ó 0,1 litros.

La pérdida de carga que se produce cuando pasa por él un caudal de $4,32\text{m}^3/\text{h}$ es de 0,01 bar.

1.8.1.8. Filtros de malla.

Los filtros de malla realizan un tamizado superficial del agua, reteniendo aquellas partículas de tamaño superior al de los orificios de la malla.

En la elección del filtro de malla hay que determinar la superficie de la malla y el tamaño de los orificios, es decir, su nº de mesh, que es el número de aperturas por

pulgada lineal.

Tipo de malla.

El criterio usado habitualmente es que el tamaño del orificio sea aproximadamente 1/7 del menor diámetro de paso del gotero. Las mallas recomendadas según este criterio se detallan en la Tabla 5.

Diámetro del gotero (mm)	Orificio menor que (micras)	Nº de Mesh
1,50	214	65
1,25	178	80
1,00	143	115
0,90	128	115
0,80	114	150
0,70	100	170
0,60	86	200
0,50	71	250

Tabla 5: Mallas de acero recomendadas (criterio 1/7)

Sabiendo que el diámetro mínimo de paso de nuestros emisores es de 1,2 mm, elegimos una malla de acero de 80 mesh con un tamaño de orificio menor que 178 micras.

Superficie de filtro.

La superficie de la malla se calcula en función del caudal máximo de trabajo a filtrar incrementado en un 20% en concepto de margen de seguridad y en función de los valores aceptables de velocidad real que se indica en la Tabla 6.

El caudal incrementado en un 20%, es de $Q=1,2 \times 4,32 \text{ m}^3/\text{h} = 5,18 \text{ m}^3/\text{h}$

Según la Tabla 6 para un tamaño de orificio de 178 micras la velocidad del agua debe estar comprendida entre 0,4 y 0,9 m/s en el caso de agua limpia. Consideramos un valor medio de 0,6 m/s.

Entrando en la Tabla 7 con la velocidad de 0,6m/s se encuentra que el caudal debe ser de $670 \text{ m}^3/\text{h}$ por m^2 de área total de filtro. Por tanto, el filtro de malla deberá tener una superficie S de:

$$S > 5,18/670 = 0,007 \text{ m}^2 = 70 \text{ cm}^2$$

Tamaño del orificio (micras)	Clase de agua	v(m/s)
300-155	Limpia	0,4-0,9
300-125	Con algas	0,4-0,6
125-75	Cualquiera	0,4-0,6

Tabla 6: Velocidad real recomendada en filtros de malla

v(m/s)	m³/h por m² de área neta	m³/h por m² de área total
0,4	1.440	446
0,6	2.160	670
0,9	3.240	1.004

Tabla 7: Caudal en los filtros de malla

Las características del filtro de malla elegido son las siguientes:

Conexión:

Tipo: Brida.

Diámetro: 2".

Filtración:

Número de mesh: 120.

Caudales (l/h):

Q máximo: 10000.

Pérdidas de carga (mca):

ΔH máxima: 0,09.

Presión de trabajo máxima: 8 Bar.

Limpieza: Riego interrumpido

Material:

Cuerpo: polipropileno.

Filtro: acero inoxidable.

Geometría: 115 x 200 x 230 mm.

1.8.1.9. Contador.

Se instalará un contador tipo MFSN-25 de chorro múltiple, con las siguientes características:

Caudal nominal (m³/h): 3,5

Caudal máximo (m³/h): 7

Caudal con pérdida de presión de 0,03 bar:

Conexión rosca de 2"

Material: Latón

1.8.2. Cálculo de la tubería de impulsión.

Esta tubería se va a diseñar en PVC

Para un caudal; Q=4320 l/h:

$$D \text{ (mm)} > \sqrt{0,236 Q \text{ (l/h)}} = \sqrt{0,236 \times 4320} = 31,93 \text{ mm}$$

Se va a escoger una tubería de 2" = 50mm.

1.8.3. Altura manométrica de impulsión.

La altura de elevación se ha calculado en la Tabla 3. La presión extra para la limpieza de los goteros es el 50% de la presión nominal de estos, es decir, 0,50 x 8 = 4 m.c.a. Se supone que coinciden con las pérdidas del hidrociclón, lo que no ocurrirá en la práctica. Sin embargo, esta hipótesis equivale a incluir un margen de seguridad alto, por tanto, se despreciaran las pérdidas de tuberías, codos y valvulería en el propio cabezal.

Presión necesaria en primaria.....18,73 m.c.a.

Pérdidas de presión:

En tubería (longitud de la tuberías, codos, valvulería etc (ver texto).....-----

En accesorios:

Hidrociclón.....4,16 m.c.a.

Equipo de fertirrigación.....1,02 m.c.a.

Filtro de malla.....0,09 m.c.a.

Contador de agua.....0,03 m.c.a.

Presión extra para limpieza de goteros.....4,00 m.c.a.

TOTAL.....28,03 m.c.a.

1.9. Bomba de impulsión

El caudal de 4320 l/h se incrementa un 15% en concepto de margen de seguridad, obteniéndose aproximadamente 5000 l/h, equivalente a 1,4 l/sg. La altura a la que se encuentra el pozo de sondeo situado en la parcela es de 15 metros bajo tierra, a los que hay que sumarle la altura manométrica de impulsión previamente calculada, esto nos da que la bomba necesaria deberá cumplir los siguientes requisitos: $Q = 5000 \text{ l/h} = 5 \text{ m}^3/\text{h}$ y $H = 43 \text{ m.c.a.}$

En un catálogo de bombas se elige la siguiente como equipo de bombeo: Una bomba centrífuga multicelular, tipo monobloc, total o parcialmente sumergible, carcasa de acero inoxidable, con las siguientes características:

- Ejecución
- Posición: vertical.
- Profundidad instalación bomba: 15m.
- Lubricación: aceite.
- Accionamiento: eléctrico.
- Condiciones de servicio

- Caudal máximo: $8\text{m}^3/\text{h}$.
- Altura máxima: 58m
- Altura mínima 13m.
- Profundidad mínima de inmersión: 0,1m
- Altura manométrica total: 47 m.
- Diámetro del pozo: 0,15m.
- Profundidad total del pozo: 20m.
- Bomba centrífuga (3 impulsores)
- Potencia máxima: 1,10kW.
- Frecuencia: 50Hz.
- Velocidad: 2900rpm.
- Longitud: 685mm.

Las curvas características de la bomba y sus dimensiones se detallan en las Figuras 1 y 2:

Ixo N 48/58; n = 2900 min⁻¹

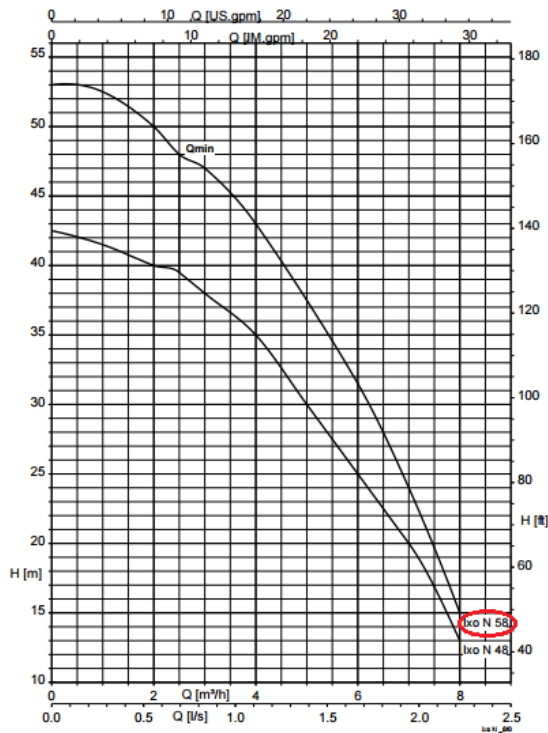


Figura 1: Curva característica de la bomba

Dimensiones

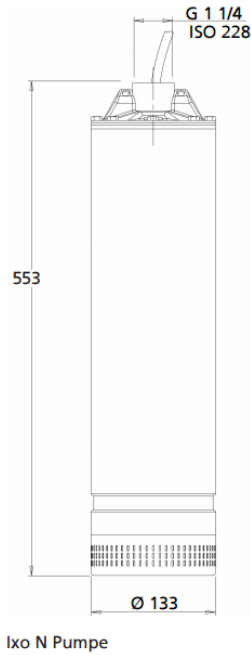


Figura 2: Perfil y dimensiones de la bomba

ANEJO N°7

Análisis económico y financiero

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.	1
2.	INGRESOS	1
3.	GASTOS	3
4.	FLUJOS DE CAJA	6
5.	VALOR ACTUAL NETO, V.A.N.	7
6.	TASA INTERNA DE RENDIMIENTO, T.I.R.	7

1. INTRODUCCIÓN.

En un análisis económico y financiero lo que se pretende es realizar un cálculo hipotético de la viabilidad del proyecto, para ello se enumeran todos los ingresos y gastos anuales en la vida útil del proyecto. En este caso se considera que una plantación de almendros tiene una vida útil de 25 años. Una vez calculados ingresos, gastos y por consiguiente los flujos de caja anuales, se realizan los cálculos de las tasas VAN y TIR, que se explicaran con detalle más adelante.

2. INGRESOS

En la Tabla 1 se muestran los ingresos que se obtendrán en los 25 años de vida útil de la plantación, para ellos se ha estimado que los árboles no alcanzarán la plena producción hasta el séptimo año y que a partir del vigésimo año su producción irá decayendo. La casa comercial de los plantones estima una producción media de 9 kg de fruto limpio por árbol y como precio de venta del producto se ha realizado una media de los precios percibidos por los agricultores los últimos 6 años.

A pesar de elegir una variedad de floración tardía, el almendro es una especie muy sensible a las heladas, es por ello que se ha estimado como factor de corrección, una merma del 100% de la producción cada 5 años.

		Produccion media/árbol	Producción total parcela (324 árboles)	Precio medio pepita (2010/2016)	Total ingresos
	% Produccion	Kg pepita/árbol	kg/parcela	€/kg	€
Año 0	0%	0	0,0	4,5	0,00
Año 1	5%	0,45	145,8	4,5	656,10
Año 2	10%	0,9	291,6	4,5	1312,20
Año 3	20%	1,8	583,2	4,5	2624,40
Año 4	30%	2,7	874,8	4,5	3936,60
Año 5 (Helada)	0%	0	0,0	4,5	0,00
Año 6	60%	5,4	1749,6	4,5	7873,20
Año 7	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 8	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 9	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 10 (Helada)	0%	0	0,0	4,5	0,00
Año 11	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 12	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 13	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 14	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 15 (Helada)	0%	0	0,0	4,5	0,00
Año 16	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 17	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 18	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 19	100%	9	2916,0	4,5	13122,00
Año 20 (Helada)	0%	0	0,0	4,5	0,00
Año 21	85%	7,65	2478,6	4,5	11153,70
Año 22	80%	7,2	2332,8	4,5	10497,60
Año 23	75%	6,75	2187,0	4,5	9841,50
Año 24	70%	6,3	2041,2	4,5	9185,40
Año 25 (Helada)	0%	0	0,0	4,5	0,00
Arranque		Total acumulado	44760,6		201422,70
		Media anual	1790,4		8056,91

Tabla 1: Ingresos anuales

3. GASTOS

En este caso se han contabilizado todos los gastos, empezando por la inversión inicial y los gastos iniciales (tablas 2 y 3) y a continuación se han diferenciado los gastos anuales desde el año 1 hasta el año 3 (tabla 4) y los gastos anuales desde el año 4 hasta el año 25 (tabla 5).

Inversión año 0

INVERSIÓN	ESPECIFICACIONES	PRECIO	UNIDAD ES	TOTAL
Adquisición y colocación de tuberías y accesorios	Primaria, terciaria, laterales, goteros y conexiones	-	-	833,68 €
Adquisición cabezal de riego	Equipo de filtrado, programador y equipo de fertirrigación	-	-	2288,82 €
Adquisición equipo de bombeo	Adquisición bomba y tubería de impulsión	-	-	1176,12 €
Material vegetal	Adquisición plantones	3 €/plantón	324	972,00 €
Total				5270,62 €

Tabla 2: Inversión inicial

Gastos de implantación de cultivo

OPERACIÓN	MEDIOS	PRECIO UNITARIO (€/hora)	RENDIMIENTO (horas/parcela)	COSTE TOTAL (euros /parcela)
Pase cultivador	Maquinaria	36	2	72
Laboreo profundo con subsolado cruzado	Maquinaria	36	2	72
Marcado de plantación	Manual	12	6	72
Plantación árboles	Maquinaria	36	3,24	116,64
	Manual	12	6,48	77,76
Abonado de fondo	Maquinaria + estiércol	300	1	300
Tratamientos fitosanitarios	Maquinaria	36	2	72
	Productos	30 €/ha	1,6	48
Tratamiento herbicida	Maquinaria	36	2,2	79,2
	Productos	19,6 €/ha	1,6	31,36
Desherbado manual entre calles	Manual	12	6	72
Total				1012,96 €

Tabla 3: Gastos año 0

Gastos años 1-3: Formación

OPERACIÓN	MEDIOS	PRECIO UNITARIO (€/hora)	RENDIMIENTO (horas/parcela)	COSTE TOTAL (euros /parcela)
Desbrozado de calle	Manual	36	6	216
Poda de formación	Manual	24	16,2	388,8
Poda verde	Maquinaria	24	6,48	155,52
Mantenimiento sistema riego	Manual	12	4,5	54
Recolección	Maquinaria	50	5	250
INVERSIÓN	ESPECIFICACIONES	PRECIO	UNIDADES	TOTAL
Abonado de fondo (fertilización)	Nitrógeno Fósforo Potasio	400	50 UF N 25 UF P 60 UF K	400
Tratamientos fitosanitarios	Maquinaria 5 tratamientos	36 60	1 h/trat.	240
Tratamiento herbicida	Maquinaria 3 tratamientos	36 25	1	133
Desherbado manual en contorno árboles	Manual	12	6	72
Reposición plantones	Plantón	3	6 Plantones (%2)	18
Riego		0,12 €/m ³	7300 m ³	876
Total				2803,32 €

Tabla 4: Gastos años 1-3

Gastos años 4-25: Producción

OPERACIÓN	MEDIOS	PRECIO UNITARIO (€/hora)	RENDIMIENTO (horas/parcela)	COSTE TOTAL (euros /parcela)
Desbrozado de calle	Manual	36	6	216
Poda de producción	Manual	24	16,2	388,8
Poda verde	Maquinaria	24	6,48	155,52
Mantenimiento sistema riego	Manual	12	4,5	54
Recolección	Maquinaria	50	6	300
INVERSIÓN	ESPECIFICACIONES	PRECIO	UNIDADES	TOTAL
Abonado de fondo (fertirrigación)	Nitrógeno	800	90 UF N	800
	Fósforo		50 UF P	
	Potasio		100 UF K	
Tratamientos fitosanitarios	Maquinaria	36	1 h/trat.	280
	5 tratamientos	100		
Tratamiento herbicida	Maquinaria	36	1	133
	3 tratamientos	25		
Reposición plantones	Plantón	3	6 Plantones (%2)	18
Riego		0,12 €/m ³	7300 m ³	876
Total				3221,32 €

Tabla 5: Gastos años 4-25

4. FLUJOS DE CAJA

Con los cobros y pagos justificados en los apartados anteriores, se procede a elaborar la Tabla 6, que recogiendo y hallando su diferencia se calculan los flujos de caja para todos los años de vida útil del proyecto.

	Total ingresos	Total gastos	Flujo caja
	€	€	€
Año 0	0	6283,58	-6283,58
Año 1	656,1	2803,32	-2147,22
Año 2	1312,2	2803,32	-1491,12
Año 3	2624,4	2803,32	-178,92
Año 4	3936,6	3221,32	715,28
Año 5 (Helada)	0	3221,32	-3221,32
Año 6	7873,2	3221,32	4651,88
Año 7	13122	3221,32	9900,68
Año 8	13122	3221,32	9900,68
Año 9	13122	3221,32	9900,68
Año 10 (Helada)	0	3221,32	-3221,32
Año 11	13122	3221,32	9900,68
Año 12	13122	3221,32	9900,68
Año 13	13122	3221,32	9900,68
Año 14	13122	3221,32	9900,68
Año 15 (Helada)	0	3221,32	-3221,32
Año 16	13122	3221,32	9900,68
Año 17	13122	3221,32	9900,68
Año 18	13122	3221,32	9900,68
Año 19	13122	3221,32	9900,68
Año 20 (Helada)	0	3221,32	-3221,32
Año 21	11153,7	3221,32	7932,38
Año 22	10497,6	3221,32	7276,28
Año 23	9841,5	3221,32	6620,18
Año 24	9185,4	3221,32	5964,08
Año 25 (Helada)	0	3221,32	-3221,32
Total	201422,7	85562,58	115860,12
Media	8056,908	3422,5032	4634,4048

Tabla 6; Flujos caja

5. VALOR ACTUAL NETO, V.A.N.

Representa la rentabilidad de una inversión al comparar el pago de la misma con los flujos de caja convenientemente homogeneizados o actualizados, es decir, el Valor Actual Neto expresa la ganancia total o rentabilidad absoluta del proyecto.

La expresión general de este criterio es:

$$V.A.N. = \sum_{i=0}^n \frac{R_i}{(1+r)^i} - \sum_{j=0}^m \frac{K_j}{(1+r)^j}$$

Siendo:

R_i = flujo de caja en el año i

n = vida útil del proyecto de inversión

r = tasa de actualización

K_j = pago de la inversión

m = años en los que tienen lugar los pagos de la inversión

El VAN, para una Tasa de Actualización del 4%, da un resultado de 62.622,98 €, que al ser superior a 0, indica que el proyecto es económicamente rentable.

6. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO, T.I.R.

La Tasa Interna de Rendimiento es la tasa de actualización para la que el VAN (Valor Actual Neto) es cero. Es decir, dicha tasa es una medida de la rentabilidad de una inversión, capaz de mostrar cuál sería la tasa de interés con la cual el proyecto no generaría ni pérdidas ni ganancias.

El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

- Si: coste del capital < TIR: Se aceptará el proyecto. Esto se debe a que el proyecto ofrece una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el coste de oportunidad).

- Si: coste del capital > TIR: Se rechazará el proyecto. Esto es debido a que el proyecto ofrece una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

En el caso del presente proyecto, la tasa interna de retorno (TIR) ofrece un valor de **24 %**. La inversión es viable dado que dicho valor es superior al coste del capital de inversiones alternativas; por lo que se considera económicamente interesante realizar la inversión para la transformación en regadío.

- En cuanto al año en el que se recupera la inversión, en la situación transformada se sitúa en el año **8**.

Por lo tanto, llevar a cabo una transformación a regadío en esta explotación ES **VIABLE DESDE UN PUNTO DE VISTA ECONÓMICO Y FINANCIERO** y proporciona más beneficios que en la misma explotación sin transformar.

PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN REGADÍO EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU (NAVARRA)

DOCUMENTO N° 3 PLANOS

AUTOR: ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA

JUNIO, 2016

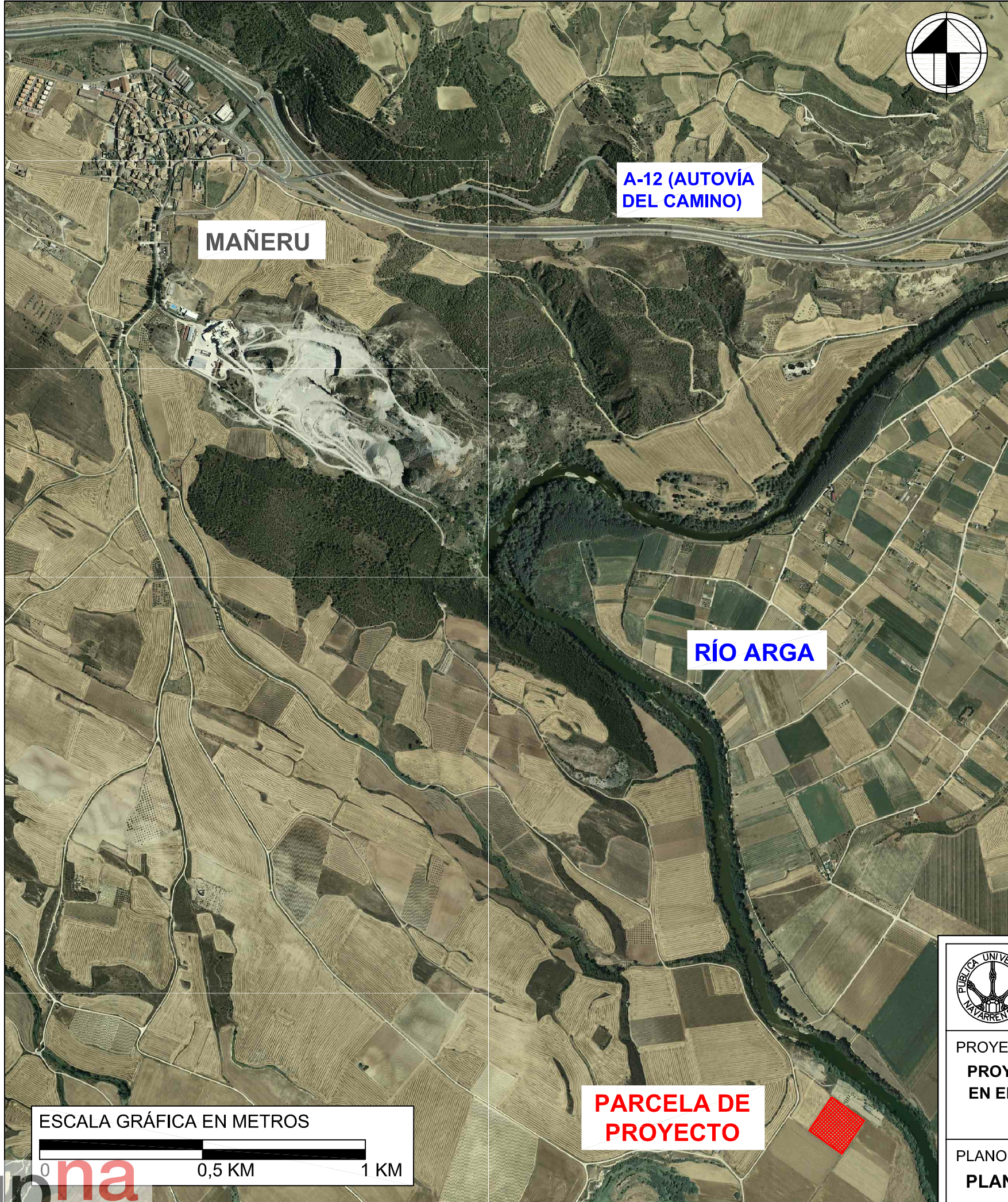
ÍNDICE DE PLANOS

PLANO N1: Plano de localización

PLANO N°2: Plano de situación.

PLANO N°2: Red de distribución.

PLANO N°3: Diseño de plantación.



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.A.

INGENIERO
TÉCNICO AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO:
**PROYECTOS E
INGENIERÍA RURAL**

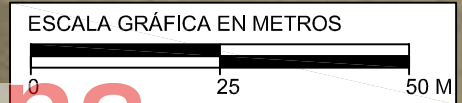
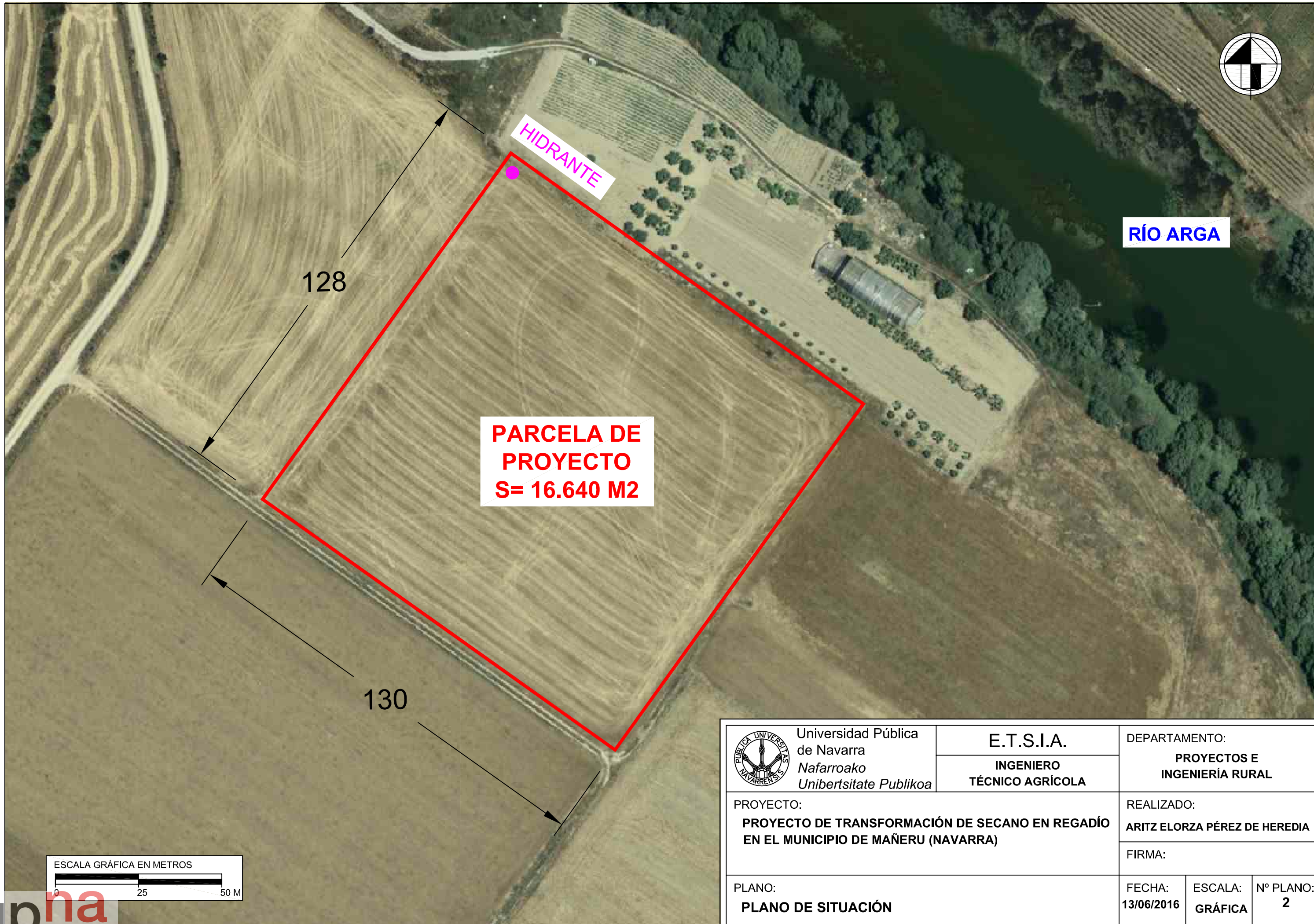
PROYECTO:
**PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN REGADÍO
EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU (NAVARRA)**

REALIZADO:
ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA

FIRMA:

PLANO:
PLANO DE LOCALIZACIÓN

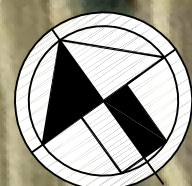
FECHA: 13/06/2016	ESCALA: VARIAS	Nº PLANO: 1
-----------------------------	--------------------------	-----------------------



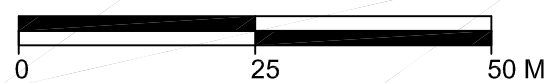
	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.A.	DEPARTAMENTO: PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
		INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA			
PROYECTO: PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN REGADÍO EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU (NAVARRA)			REALIZADO: ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA		
			FIRMA:		
PLANO: PLANO DE SITUACIÓN			FECHA: 13/06/2016	ESCALA: GRÁFICA	Nº PLANO: 2

LEYENDA

- TUBERIA PRIMARIA (PEBD 50)
- TUBERÍA TERCIARIA (PEBD 40)
- LATERALES (PEBD 12)
- EMISORES SEPARADOS 1,5 M EN EL LATERAL
 $57/1,5 = 38$ EMISORES EN LATERALES DERECHA
 $62/1,5 = 41$ EMISORES EN LATERALES IZQUIERDA
- PYB POZO Y ESTACIÓN DE BOMBEO
- VRP VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN



ESCALA GRÁFICA EN METROS



121

59

PYB

VRP

2

7

57

62

7

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.A.

INGENIERO
TÉCNICO AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO:
PROYECTOS E
INGENIERÍA RURAL

PROYECTO:
PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN REGADÍO
EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU (NAVARRA)

REALIZADO:
ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA

FIRMA:

PLANO:
RED DE DISTRIBUCIÓN

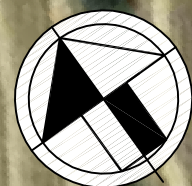
FECHA:
13/06/2016

ESCALA:
A-3 1/800
GRÁFICA

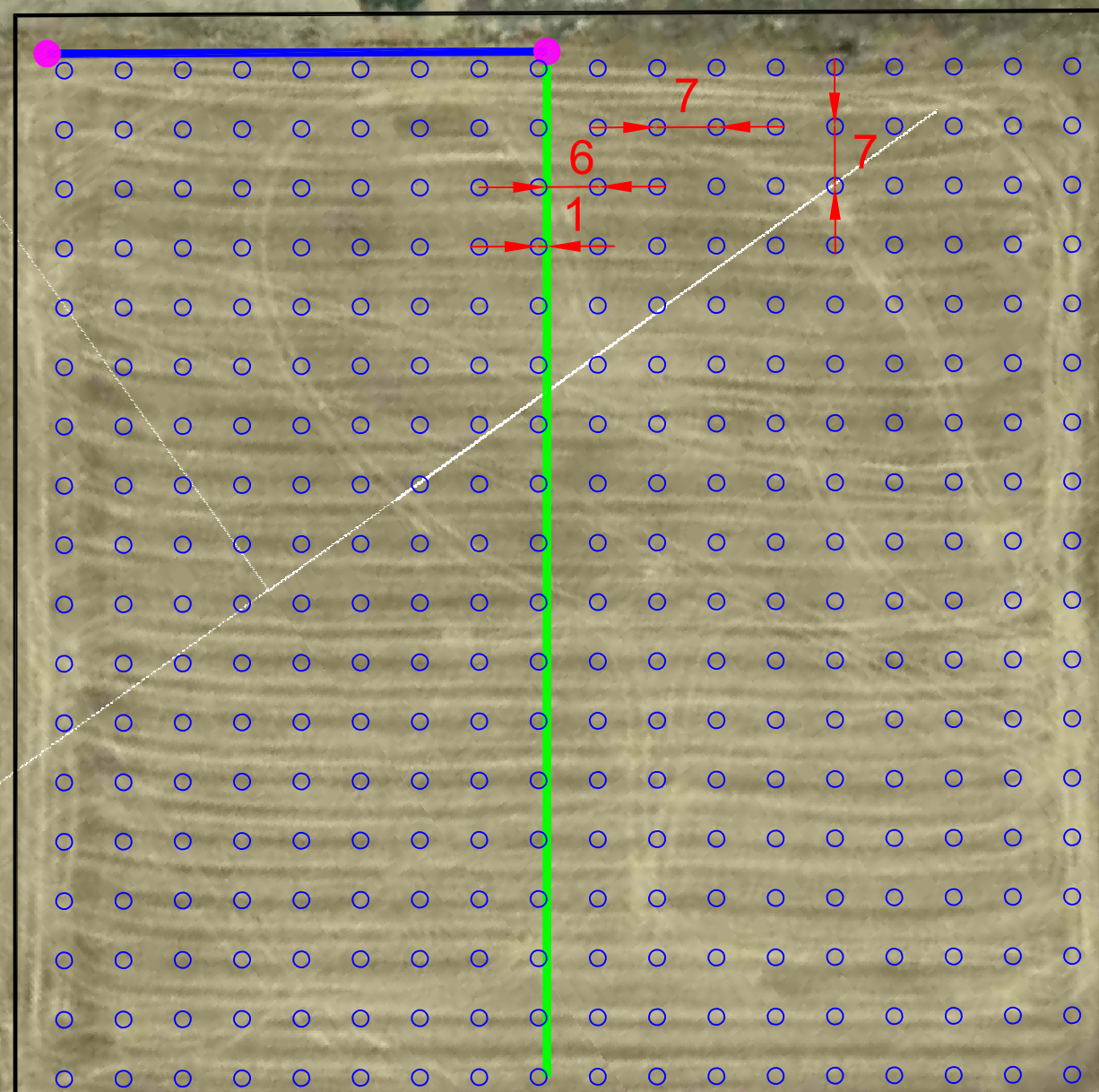
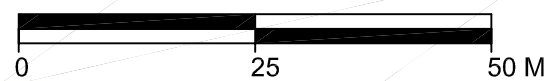
Nº PLANO:
3

LEYENDA

- ÁRBOLES (ALMENDROS) EN UN MARCO DE PLANTACIÓN DE 7 X 7 M



ESCALA GRÁFICA EN METROS



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.A.

INGENIERO
TÉCNICO AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO:

PROYECTOS E
INGENIERÍA RURAL

PROYECTO:

PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN REGADÍO
EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU (NAVARRA)

REALIZADO:

ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA

FIRMA:

PLANO:

DISEÑO DE PLANTACIÓN

FECHA:
13/06/2016

ESCALA:
A-3 1/800
GRÁFICA

Nº PLANO:
4

**PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN
REGADÍO EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU (NAVARRA)**

**DOCUMENTO N°4
PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

AUTOR: ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA

JUNIO, 2016

ÍNDICE

1.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA	1
	CAPÍTULO I: De la explotación	1
	CAPÍTULO II: De los productos fitosanitarios	1
	CAPÍTULO III: De los fertilizantes	2
	CAPÍTULO IV: De la maquinaria	3
	CAPÍTULO V: Del riego	4
	CAPÍTULO VI: De las condiciones que deben reunir los materiales	4
	CAPÍTULO VII: Ejecución de las obras	6
2.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA	8
	CAPÍTULO I: Obligaciones y derechos del contratista	8
	CAPÍTULO II: Recepción de las instalaciones	9
	CAPÍTULO III: Facultades de la dirección de ejecución	10
3.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA	11
	CAPÍTULO I: Base fundamental	11
	CAPÍTULO II: Garantía de cumplimiento y fianza	11
	CAPÍTULO III: Precios y revisiones	12
	CAPÍTULO IV: Valoración y abono de los trabajos	13
4.	PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL	16
	CAPÍTULO I: Condiciones de índole legal	16

1. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA

CAPÍTULO I: De la explotación

Artículo 1º.

Las labores de preparación del suelo: fertilización, riego, tratamientos fitosanitarios, etc., se realizarán conforme a lo expuesto en la memoria y anejos a la memoria.

No obstante, si las condiciones lo requieren el Director de la explotación quedará facultado para introducir cualquier cambio que modifique sustancialmente lo expuesto en el presente proyecto.

Artículo 2º.

Cada 10 años se realizará análisis de suelo y agua, con objeto de corregir la dosis de abonado si fuera necesario.

CAPÍTULO II: De los productos fitosanitarios

Artículo 3º.

Los productos fitosanitarios que se utilizan en la explotación se deberán ajustar a las normas de las Disposiciones Oficiales.

Artículo 4º.

Los productos deben estar envasados, etiquetados y precintados, de modo que en etiqueta conste el número de registro del producto, la composición química del mismo y el % de materia activa.

Artículo 5º.

En las facturas irán consignados todos los datos de los productos.

Artículo 6º.

No se utilizarán productos no aprobados por el Registro Oficial.

Artículo 7º.

Si existiesen sospechas de fraude, se inmovilizará la partida afectada y se requerirá la presencia del Técnico delegado del servicio de Defensa de Fraudes, para su actuación en consecuencia.

Artículo 8º.

Con respecto al manejo de productos se seguirá las instrucciones señaladas en la etiqueta. Si los productos fuesen tóxicos, se proveerá a los obreros de guantes, gafas y mascarillas protectoras.

Artículo 9º.

Antes y después de la utilización de cada producto se limpiará cuidadosamente las mangueras, boquillas, etc., de las distintas máquinas utilizadas.

CAPÍTULO III: De los fertilizantes

Artículo 10º.

Los distintos fertilizantes químicos utilizados en la explotación se deberán ajustar a las normas dictadas por el decreto del 17 de Agosto de 1949 (B.O.E. de 22 de Septiembre) y las Ordenes trimestrales del 2 de Julio de 1953 (B.O.E. de 24 de Julio de 1955).

Artículo 11º.

La riqueza de los elementos nutritivos vendrá especificada de la siguiente forma:

- Para abonos nitrogenados: Nitrógeno nítrico o amoniacal.
- Para abono fosfórico: P_2O_5 soluble en agua.
- Para abono potásico: K_2O soluble en agua.

Artículo 12º.

Los abonos envasados deberán llevar especificado el % de riqueza de cada elemento.

Artículo 13º.

En las etiquetas de los envases vendrá especificada la clase, peso neto, riqueza de los elementos fertilizantes y dirección de las entidades que las elaboran.

Artículo 14º.

Si se sospecha la existencia de fraude en los abonos, se procederá de igual manera que para los productos fitosanitarios (artículo 7º).

Artículo 15º.

En las facturas se especificará todo lo descrito en las etiquetas, al igual que el peso total de la partida.

Artículo 16º.

Las mezclas y distribución de abono se harán bajo las recomendaciones concernientes al caso y con el control de personas especializadas.

Artículo 17º.

Los abonos se almacenarán de tal forma que conserven intactas sus propiedades, con el cuidado de no contaminar los productos destinados al consumo humano o animal.

Artículo 18º.

Se aplicarán las dosis recomendadas en los anejos a la memoria, siempre y cuando nuevos análisis de tierra no varíen sustancialmente la cantidad de elementos nutritivos existentes en el suelo, quedando el Director de la explotación facultado para cualquier rectificación

CAPÍTULO IV: De la maquinaria

Artículo 19º.

Las características de la maquinaria serán esencialmente las señaladas en los anejos a la memoria, quedando facultado el Director de la explotación para cualquier cambio, siempre que dicha variación no altere de modo sustancial lo reseñado en el presente proyecto.

Artículo 20º.

Las averías de la máquina alquilada correrán a cargo del propietario de la misma.

Artículo 21º.

Se mantendrá la maquinaria en perfecto uso y los días de lluvia o reposo se efectuará una cuidadosa revisión.

Artículo 22º.

Las piezas delicadas de la maquinaria se protegerán, cuando no se utilicen, de la humedad, del polvo, etc.

Artículo 23º.

Los obreros deberán trabajar en las condiciones de máxima seguridad en cuanto al

uso de la maquinaria.

Artículo 24º.

Después de la utilización de las distintas maquinarias, al final de la temporada, se le hará una revisión completa, dejándola en perfecto estado para su posterior utilización.

Artículo 25º.

Se llevará un fichero de las distintas averías, repuesto de cada una de las máquinas para poder seguir así su vida útil

CAPÍTULO V: Del riego

Artículo 26º.

Los riegos se darán según el anejo correspondiente.

Artículo 27º.

Existirán en la explotación las piezas de reposición más frecuentes, al igual que las herramientas necesarias para que no se interrumpa el riego por esta razón.

Artículo 28º.

Se asegurará la conservación del equipo de riego, presentándole especial atención al material que queda a la intemperie. La limpieza de los filtros será objeto de un programa de mantenimiento y limpieza periódica de obligado cumplimiento.

CAPÍTULO VI: De las condiciones que deben reunir los materiales

Artículo 29º.

Las tuberías de P.V.C. y P.E. tendrán el diámetro y presión determinados en los anejos a la memoria y cuadro de precios del presente proyecto.

Las uniones para las tuberías de P.V.C. se efectuarán mediante encolado, de forma que evite cualquier tipo de pérdida de presión.

Los materiales y piezas de P.V.C. habrán de cumplir específicamente la Norma UNE- 53112, en lo que se refiere a las presiones de trabajo, diámetro y demás características.

En todos los casos las presiones de trabajo a 20º C son de 4, 6, 10, y 16 atm., se utilizarán las de 6 atm.

Las tuberías de P.E. deberán cumplir las Normas UNE-53131 y UNE-53142, a excepción de las de pequeño diámetro no incluidas en dicha norma, cuyas características constructivas, timbraje, espesor de la red y diámetro habrán de ser aprobadas por el Director de la obra.

Artículo 30º.

Las piezas especiales y juntas de tubos resistirán los esfuerzos de cobertura o empuje exterior, consecuencia de la presión máxima interior y del esfuerzo dinámico debido a la velocidad del agua. Las tes, cruces y otras piezas serán de P.V.C. y P.E. capaces de resistir la presión y esfuerzos anteriormente citados. Así, garantizamos el buen funcionamiento de la red de riego.

Artículo 31º.

Las válvulas a instalar en las tuberías serán de accionamiento automático, de tal forma que se conseguirá el cierre absoluto del paso del agua por las conducciones. El cierre deberá ser progresivo para evitar que un cierre brusco provoque golpes de ariete. Deberán ser de larga duración.

Artículo 32º.

La bomba será capaz de suministrar el caudal a la presión que se detalla en la memoria y anejos, tendrá unas características específicas. La casa comercial suministradora de la bomba se responsabilizará del transporte e instalación definitiva y la comprobación del buen funcionamiento, según las pruebas que el Ingeniero Director estime oportunas.

En caso de avería de la bomba en plena temporada de riego, la casa suministradora se comprometerá a su arreglo en el plazo de 48 horas.

Artículo 33º.

Los goteros serán del tipo y caudal que se especifican en los anejos a la memoria y cuadro de precios.

La Propiedad podrá fijar la marca de procedencia de los goteros, debiendo atenderse a ello el Contratista siempre que el costo de suministro no supere el que figura en el cuadro de precios del presente proyecto.

Artículo 34º.

Deberá cumplir en todo con las características señaladas en el presente proyecto, especialmente en cuanto a que las pérdidas de carga que ocasionan al canal de funcionamiento no sean superiores a las previstas.

El tamaño de malla habrá de ser como máximo la mitad del paso del gotero.

Artículo 35º.

Los demás materiales que se empleen en las obras de este proyecto y que no hayan sido específicamente analizadas en este capítulo, serán de buena calidad entre los de su clase, en armonía con las aplicaciones que hayan de recibir y con las características que exige su correcta conservación, utilización y servicio.

Artículo 36º.

Para realizar las pruebas materiales, será obligación del Contratista suministrar los aparatos necesarios para llevar a cabo dichas pruebas, siendo de su cuenta los gastos y análisis que crea convenientemente el Ingeniero Técnico Director.

Si el resultado de las pruebas no es satisfactorio, se desechará la partida entera o el número de unidades que no reúna las debidas condiciones cuando el examen pueda hacerse pieza por pieza.

CAPÍTULO VII: Ejecución de las obras

Artículo 37º.

Respecto al plan de ejecución de las obras, el Contratista deberá redactar un programa de trabajo que aportará al Ingeniero Técnico y el cual deberá ajustarse en su construcción.

Artículo 38º.

Respecto a la explotación, se realizarán con arreglo a las instrucciones del Ingeniero Técnico, encargado de las mismas, proporcionando al Contratista los medios auxiliares que fueran necesarios.

Artículo 39º.

Todos los aparatos que integran la instalación responderán a las previsiones del proyecto y sus rendimientos serán como mínimo los que figuran en la oferta de la casa suministradora.

Artículo 40º.

Terminada la instalación, el Ingeniero Técnico probará el funcionamiento de la totalidad de la instalación.

Artículo 41º.

En el caso de que alguna de las pruebas de funcionamiento no diera los resultados esperados, el instalador revisará el montaje, pudiendo exigirle el desmontar toda la instalación para su correcto montaje.

2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA

CAPÍTULO I: Obligaciones y derechos del contratista

Artículo 1º.

El Contratista tiene la obligación de ejecutar esmeradamente todas las obras y cumplir de forma estricta todas las condiciones estipuladas y cuantas órdenes verbales o escritas le sean dadas por el Ingeniero Técnico.

Si a juicio del Ingeniero Técnico hubiese alguna parte de la obra mal ejecutada, tendrá la obligación de demolerla y volverla a ejecutar cuantas veces fuese necesario, hasta que merezca aprobación, no teniendo, por esta causa, derecho a percibir indemnización de ningún género después de la recuperación provisional.

Artículo 2º.

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes del Ingeniero Técnico Director, sólo podrá presentarlas a través del mismo o ante la Propiedad. Si ellas son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden teórico o facultativo del Ingeniero Técnico no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad si lo estima oportuno mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero Técnico el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Artículo 3º.

Todas las faltas que el Contratista cometa durante la ejecución de las obras, así como las multas a que diera lugar por contravenir las disposiciones vigentes, son exclusivamente de su cuenta, sin derecho a indemnización alguna

Artículo 4º.

Será de cuenta el Contratista los seguros, cargas sociales, etc., a que obliga la legislación vigente, haciéndose responsable del no cumplimiento de estas disposiciones.

Artículo 5º.

Durante la ejecución de los trabajos el Contratista queda obligado a someter toda clase de verificaciones que se soliciten por el Ingeniero Técnico, tales como

desmontajes, ensayos, etc.

CAPÍTULO II: Recepción de las instalaciones

Artículo 6º.

Terminadas las obras e instalaciones si se encuentra en buen estado y con arreglo a las condiciones, a su vez efectuadas las pruebas de la totalidad de las instalaciones, se darán por recibidas provisionalmente, comenzando a contar desde esta fecha el plazo de garantía que será de un año.

De la recepción provisional se levantará el Acta por triplicado que firmarán la Propiedad, la Contrata y la Dirección Facultativa. No se podrá recibir provisionalmente la obra mientras no figuren en poder de la Dirección Facultativa y sean conformes por su parte, la totalidad de los planos de instalaciones terminadas con sus permisos correspondientes. De dichos planos deberán entregarse dos ejemplares reproducibles y tres copias. De la documentación escrita tres copias.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas se hará constar así en el Acta de recepción y se fijará un plazo para subsanar los defectos, espirado el cual se hará un reconocimiento para la recepción provisional de las obras, si el Contratista no hubiese cumplido, se declarará rescindida la Contrata con pérdida de la fianza, a no ser que estime procedente concederle un nuevo plazo que será improrrogable.

Artículo 7º.

Transcurrido el plazo de garantía, se procederá a la recepción de las obras con las mismas formalidades señaladas para la provisional y si se encuentra en perfecto estado, se darán por percibidas y quedará el Contratista relevado de toda responsabilidad administrativa, quedando subsistente la responsabilidad civil dentro de los diez años contados a partir de la recepción definitiva, de acuerdo con el artículo 1951 en relación con el 1909 del Código Civil.

Artículo 8º.

Terminadas las obras, se procederá a la liquidación fijada que incluirá el importe de las unidades de obra realizadas y las que constituyen modificación del proyecto, siempre y cuando hayan sido previamente aprobadas por la Dirección Facultativa por sus precios. De ninguna manera tendrá derecho el Contratista a formular reclamaciones por aumento de obras que no estuvieran autorizadas por la Propiedad con el visto bueno

del Ingeniero Director.

CAPÍTULO III: Facultades de la dirección de ejecución

Además de la interpretación técnica del proyecto, que corresponde a la Dirección Facultativa, es misión específica suya, la dirección y vigilancia de los trabajos que en las obras se realizan y ello e incluso con autoridad técnica legal completa en todo lo previsto específicamente en el Pliego de Condiciones, sobre las que para la ejecución de las instalaciones anejas se lleva a cabo, si se considera que adopte, esa responsabilidad, es sutil y necesaria para la correcta marcha de las obras.

El Contratista no podrá recibir otra órdenes relativas a la obra, a su distribución y a los materiales, que las que provengan de la Dirección de obra o de la por él delegada.

3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA

CAPÍTULO I: Base fundamental

Artículo 1º.

El Contratista tiene derecho a cobrar estrictamente lo que realmente haya ejecutado, siempre que se haya atendido a lo estipulado en el proyecto.

CAPÍTULO II: Garantía de cumplimiento y fianza

Artículo 2º.

El Ingeniero Director podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas para cerciorarse de si este reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato; dichas diferencias, si se han pedido, las presentará el Contratista antes de la firma del contrato.

Artículo 3º.

El Contratista dispondrá de un plazo de siete días a partir de la fecha de notificación para realizar la fianza definitiva, que ascenderá al 10% de la cifra total de la adjudicación definitiva.

Artículo 4º.

En cada pago certificación o liquidación parcial, la propiedad deducirá de la misma un importe del 2%, que se aplicara para pagar a la empresa de control de calidad que contrate la Propiedad.

Artículo 5º.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, la Dirección Facultativa, en nombre de la Propiedad y de acuerdo con la misma, ordenará ejecutar a un tercero o directamente por la administración abonando su importe con la fianza depositada.

Artículo 6º.

La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta días, una vez firmada el Acta de recepción definitivo de la obra.

CAPÍTULO III: Precios y revisiones

Artículo 7º.

Los precios base del Contratista serán establecidos en el presupuesto de este proyecto, siendo susceptible de revisión si la fecha de ejecución del contrato excede de seis meses a partir de la fecha de redacción de este proyecto.

Artículo 8º.

No se admitirán mejoras de obras más que en el caso de que la Dirección Facultativa, de acuerdo con la Propiedad, haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en la medidas contratadas, salvo de error en las mediciones del proyecto. El Contratista no tendrá derecho a indemnización o modificación del precio unitario contratado por el hecho de que aumenten o disminuyan las unidades contratadas inicialmente. Será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos y los aumentos que todas estas mejoras de obras supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Artículo 9º.

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello, que no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que es característica de determinadas épocas normales, se admite durante ellas la revisión de los precios contratados bien en alza o en baja y en la anomalía con las oscilaciones en los precios en el mercado.

Por ello y en los casos de revisión al alza, el Contratista puede solicitar al propietario en cuanto se produzca cualquier alteración de precio que repercuta aumentando los contratos. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado y por causa justificada, especificándose y acordándose también previamente la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado,

para lo cual se tendrá en cuenta el acopio de materiales de la obra, en el caso de que estuviesen total o parcialmente abonados por el Propietario.

Si el Propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, transporte, etc., que el Contratista desea percibir como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista y éste la obligación de aceptarlo a precios inferiores a los pedidos por el Contratista en cuyo caso se tendrá en cuenta para la revisión de los precios adquiridos por el Contratista merced a la información del Propietario.

Cuando el Propietario o el Ingeniero Director no estuviese conforme con los nuevos precios, concertará entre las dos partes la baja a realzar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad por la experimentada por cualquiera de los elementos constituidos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir lo precios revisados.

Cuando entre los documentos aprobados por las dos partes, figurase el relativo a los precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios

CAPÍTULO IV: Valoración y abono de los trabajos

Artículo 10º.

La medición de la obra concluida se hará por el tipo de unidad fijada en el correspondiente presupuesto.

La valoración deberá obtenerse aplicando las diversas unidades de obra al precio que tuviese asignado en el presupuesto, añadiendo a este importe el de los tantos por ciento que correspondan a la baja en la subasta hecha por el Contratista.

Artículo 11º.

No se admitirán mejoras de obras, más que en el caso de que el Técnico haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las modificaciones en el proyecto, al menos que el Técnico ordene también por escrito la ampliación de las unidades contratadas.

Artículo 12º.

Serán a cuenta del Contratista y su importe será el tanto por ciento correspondiente a las tarifas de honorarios del Instituto de Ingenieros Técnicos Civiles en España.

Artículo 13º.

Las medidas parciales se verificarán en presencia del Contratista, de cuyo acto se levantará acta por duplicado, que será firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminadas las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda después de haberse verificado la medición y en los documentos que la acompañen, deberá aparecer la conformidad del Contratista o de su representante legal. En caso de no haber conformidad lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

Artículo 14º.

La obra ejecutada se abonará por certificaciones de liquidaciones parciales. Estas certificaciones tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las mediciones y variaciones que resultan de la liquidación final, no suponiendo dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprende.

Artículo 15º.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final, que incluirá el importe de las unidades de obra realizadas y las que constituye modificaciones en el proyecto, siempre y cuando éstas hayan sido previamente aprobadas con sus precios por el Ingeniero Técnico Director.

Para poder efectuar la liquidación general, será preceptiva la entrega previa de la misma, de los ejemplares completos de planos en papel reproducible y tres copias de los mismos. Estos planos recogerán con todo detalle la instalación en posición definitiva.

Salvo autorización expresa de la Dirección Facultativa y dado que los presupuestos contratados de instalaciones son cerrados, en ningún caso podrán sobrepasarse los montantes contratados por las obras mencionadas.

Artículo 16º.

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso de los pagos, suspender

trabajos ni ejecutarlos a menos ritmo del que les corresponda, con arreglo al plazo en que deben terminarse.

4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL

CAPÍTULO I: Condiciones de índole legal

Artículo 1º.

Para cuantas cuestiones, litigios o diferencias pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componedores nombrados en número igual por ellas y presidido por el Ingeniero Director de la obra y en último término a los tribunales de justicia del lugar en donde radique la Propiedad, con expresa renuncia del fuero domiciliario.

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto.

El Contratista se obliga a lo establecido en la Ley de Contratas de Trabajo y además a lo dispuesto en la de Accidentes de Trabajo, Subsidiado Familiar y Seguros Sociales.

Artículo 2º.

Causas de rescisión de contrato:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.
- Las alteraciones del contrato por los siguientes:
 - La modificación del proyecto en tal forma que representa alteraciones fundamentales a juicio del Director de Contratación, y en cualquier caso, como consecuencia de estas modificaciones, representa en más o menos el 25% como mínimo del importe de aquel.
 - Las modificaciones de unidades de obra, siempre que esas representan variaciones en más o menos del 40%, como mínimo de las unidades que figuran en las mediciones del proyecto o más del 50% de unidades del proyecto modificado.
 - La suspensión de obra comenzada siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
 - El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado.

- La terminación del plazo de ejecución de las obras sin haber llegado a esta.
- El abono de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

Artículo 3º.

En caso de accidentes a los operarios, con motivo y en el ejercicio de los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos en la legislación vigente, siendo en todo caso único responsable de su cumplimiento y sin que en ningún concepto pueda quedar afectada ni la Propiedad ni la Dirección Facultativa, por responsabilidad en cualquier aspecto.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes establezcan, para evitar en lo posible accidentes a los obreros.

Artículo 4º.

El Contratista será responsable de todos los accidentes por inexperiencia o que por descuido sobrevinieran, en la zona de obras, será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, de todos los daños y perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras.

El Contratista cumplirá los requisitos que prescribe las disposiciones vigentes sobre la materia, debiendo exhibir, cuando a ello fuese requerido, el justificante de tal cumplimiento.

Artículo 5º.

La Propiedad se reserva las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones practicadas en sus terrenos, etc.

El Contratista deberá emplear para extraer, las precauciones que le sean indicadas por la Dirección.

La Propiedad abonará al Contratista el exceso de obra o gastos que estos trabajos ocasionen.

Será así mismo de la exclusiva pertenencia de la Propiedad los materiales y corrientes de agua que como consecuencia de la ejecución de las obras, aparecieran en los terrenos en los que se realizan las obras, pero el Contratista tendrá el derecho de

utilizarlas. En el caso de tratarse de aguas y si las utilizan, será a cargo del Contratista las obras que sean necesarias para recogerlas o derivarla para su utilización.

La autorización para el aprovechamiento de gravas, arenas y toda clase de materiales procedentes de los terrenos donde los trabajos se ejecuten, así como las condiciones técnicas y económicas en que estos aprovechamientos han de concertarse y ejecutarse, se señalarán para cada caso en concreto por la Dirección.

Artículo 6º.

En todo lo previsto en este Pliego de Condiciones, serán de aplicación con carácter de norma suplementaria los preceptos del texto articulado de la Ley y Reglamento General de Contratistas actualmente vigente

**PROYECTO DE TRANSFORMACIÓN DE SECANO EN
REGADÍO EN EL MUNICIPIO DE MAÑERU (NAVARRA)**

**DOCUMENTO Nº 5
ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

AUTOR: ARITZ ELORZA PÉREZ DE HEREDIA

JUNIO, 2016

ÍNDICE

1.	ESTADO DE MEDICIONES	1
1.1.	RED DE DISTRIBUCIÓN	1
1.1.1.	Movimiento de tierras:	1
1.1.2.	Tuberías:	1
1.1.3.	Gotos	2
1.1.4.	Mecanismos	2
1.1.5.	Equipo de bombeo	3
1.1.6.	Material vegetal	3
2.	PRECIOS UNITARIOS	4
2.1.	RED DE DISTRIBUCIÓN	4
2.1.1.	Movimiento de tierras:	4
2.1.2.	Tuberías:	4
2.1.3.	Gotos	5
2.1.4.	Mecanismos	5
2.1.5.	Equipo de bombeo	6
2.1.6.	Material vegetal	6
3.	PRESUPUESTO PARCIAL	7
3.1.	RED DE DISTRIBUCIÓN	7
3.1.1.	Movimiento de tierras:	7
3.1.2.	Tuberías:	8
3.1.3.	Gotos	8
3.1.4.	Mecanismos	9
3.1.5.	Equipo de bombeo	10
3.1.6.	Material vegetal	10
4.	PRESUPUESTO GENERAL	11

1. ESTADO DE MEDICIONES

1.1. RED DE DISTRIBUCIÓN

1.1.1. Movimiento de tierras:

RESUMEN	UNIDADES
EXCAVACIÓN MECÁNICA ZANJA TUBERÍA PRIMARIA, TERRENO FRANCO-LIMOSO Excavación mecánica en zanjas para tubería primaria, con retroexcavadora en terreno franco, medido sobre el perfil.	34,22 m ³
EXCAVACIÓN MECÁNICA ZANJA TUBERÍA TERCIARIA, TERRENO FRANCO-LIMOSO Excavación mecánica en zanjas para tubería secundaria, con retroexcavadora en terreno franco, medido sobre el perfil.	46,41m ³

1.1.2. Tuberías:

RESUMEN	UNIDADES
Tubería PEBD, Ø=12, 4 atm Tubería de polietileno de baja densidad de 12 mm de diámetro	2142 m
Tubería PEBD, Ø=40, 4 atm Tubería de polietileno de baja densidad de 40 mm de diámetro.	121 m
Tubería PEBD Ø=50, 6 atm Tubería de polietileno de baja densidad, presión nominal de trabajo de 6 atm, de 50 mm de diámetro exterior y un espesor de 4,6 mm.	59 m
Codos y conexiones para tuberías y elementos	72 U

1.1.3. Goteros

RESUMEN	UNIDADES
Gotero turbulento integrado	1020 U
Gotero turbulento integrado, de 4 l/h de caudal	

1.1.4. Mecanismos

RESUMEN	UNIDADES
Válvula reguladora de presión	1 U
Válvula reguladora de presión con entrada 1 1/2". Presión máxima de entrada 25 bar y presión de salida 1-6 bar	

Cabezal de riego completo: 1 U

Cabezal de riego compuesto por :

- Difusor.
- Ventosa de 2".
- Válvula de retención de 2".
- Válvula de alivio de 2".
- Válvula de regulación (Válvula de compuerta) de 2".
- Hidrociclón de 2".
- Equipo de fertirrigación con depósito de 30l.
- Filtro de malla de 170 mesh y 2" de diámetro
- Contador de agua de chorro múltiple y 2" de diámetro.
- Válvula de retención de 2" (2).
- Válvula de alivio de 2"(2).

1.1.5. Equipo de bombeo

RESUMEN	UNIDADES
Bomba Ixo N 58	1 U
Bomba centrifuga multicelular tipo monobloc montada en acero inoxidable	
Tubería de impulsión de PVC 50 mm	15 m
Tubería de PVC 50 mm de diámetro y presión nominal 7 atm.	

1.1.6. Material vegetal

RESUMEN	UNIDADES
Plantón de Almendro, variedad Vairo sobre patrón GF-677.	324 U
Plantón de dos verdes ya injertado en maceta	

2. PRECIOS UNITARIOS

2.1. RED DE DISTRIBUCIÓN

2.1.1. Movimiento de tierras:

RESUMEN	PRECIO UNITARIO
EXCAVACIÓN MECÁNICA ZANJA TUBERÍA PRIMARIA, TERRENO FRANCO-LIMOSO Excavación mecánica en zanjas para tubería primaria, con retroexcavadora en terreno franco, medido sobre el perfil.	1,59 €
EXCAVACIÓN MECÁNICA ZANJA TUBERÍA TERCIARIA, TERRENO FRANCO-LIMOSO Excavación mecánica en zanjas para tubería secundaria, con retroexcavadora en terreno franco, medido sobre el perfil.	1,59 €

2.1.2. Tuberías:

RESUMEN	PRECIO UNITARIO
Tubería PEBD, Ø=12, 4 atm Tubería de polietileno de baja densidad de 12 mm de diámetro	0,08 €
Tubería PEBD, Ø=40, 4 atm Tubería de polietileno de baja densidad de 40 mm de diámetro.	0,81 €
Tubería PEBD Ø=50, 6 atm Tubería de polietileno de baja densidad, presión nominal de trabajo de 6 atm, de 50 mm de diámetro exterior y un espesor de 4,6 mm.	1,66 €
Codos y conexiones para tuberías y elementos	0,45 €

2.1.3. Goteros

RESUMEN	PRECIO UNITARIO
Gotero turbulento integrado	0,07 €
Gotero turbulento integrado, de 4 l/h de caudal	

2.1.4. Mecanismos

RESUMEN	PRECIO UNITARIO
Válvula reguladora de presión	97,45 €
Válvula reguladora de presión con entrada 1 1/2". Presión máxima de entrada 25 bar y presión de salida 1-6 bar	

Cabezal de riego completo: 1700,9 €

Cabezal de riego compuesto por :

- Difusor.
- Ventosa de 2".
- Válvula de retención de 2".
- Válvula de alivio de 2".
- Válvula de regulación (Válvula de compuerta) de 2".
- Hidrociclón de 2".
- Equipo de fertirrigación con depósito de 30l.
- Filtro de malla de 170 mesh y 2" de diámetro
- Contador de agua de chorro múltiple y 2" de diámetro.
- Válvula de retención de 2" (2).
- Válvula de alivio de 2"(2).

2.1.5. Equipo de bombeo

RESUMEN	PRECIO UNITARIO
Bomba Ixo N 58	804,52€
Bomba centrifuga multicelular tipo monobloc montada en acero inoxidable	
Tubería de impulsión de PVC 50 mm	2,37 €
Tubería de PVC 50 mm de diámetro y presión nominal 7 atm.	

2.1.6. Material vegetal

RESUMEN	PRECIO UNITARIO
Plantón de Almendro, variedad Vairo sobre patrón GF-677.	2,15 €
Plantón de dos verdes ya injertado en maceta	

3. PRESUPUESTO PARCIAL

3.1. RED DE DISTRIBUCIÓN

3.1.1. Movimiento de tierras:

RESUMEN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
EXCAVACIÓN MECÁNICA ZANJA TUBERÍA PRIMARIA, TERRENO FRANCO-LIMOSO Excavación mecánica en zanjas para tubería primaria, con retroexcavadora en terreno franco, medido sobre el perfil.	34,22 m ³	1,59 €	54,34 €
EXCAVACIÓN MECÁNICA ZANJA TUBERÍA TERCIARIA, TERRENO FRANCO-LIMOSO Excavación mecánica en zanjas para tubería secundaria, con retroexcavadora en terreno franco, medido sobre el perfil.	46,41m ³	1,59 €	73,79 €
Total			128,13 €

3.1.2. Tuberías:

RESUMEN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
Tubería PEBD, Ø=12, 4 atm	2142 m	0,08 €	171,36 €
Tubería de polietileno de baja densidad de 12 mm de diámetro			
Tubería PEBD, Ø=40, 4 atm	121 m	0,81 €	98,01 €
Tubería de polietileno de baja densidad de 40 mm de diámetro.			
Tubería PEBD Ø=50, 6 atm	59 m	1,66 €	97,94 €
Tubería de polietileno de baja densidad, presión nominal de trabajo de 6 atm, de 50 mm de diámetro exterior y un espesor de 4,6 mm.			
Codos y conexiones para tuberías y elementos	72 U	0,45 €	32,40 €
Total			399,71 €

3.1.3. Goteros

RESUMEN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
Gotero turbulento integrado	1020 U	0,07 €	71,40 €
Gotero turbulento integrado, de 4 l/h de caudal			
Total			71,40 €

3.1.4. Mecanismos

RESUMEN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
Válvula reguladora de presión	1 U	97,45 €	97,45 €
Válvula reguladora de presión con entrada 1 1/2". Presión máxima de entrada 25 bar y presión de salida 1-6 bar			
Cabezal de riego completo:	1 U	1700,9 €	1700,9 €
Cabezal de riego compuesto por :			
<ul style="list-style-type: none"> • Difusor. • Ventosa de 2". • Válvula de retención de 2". • Válvula de alivio de 2". • Válvula de regulación (Válvula de compuerta) de 2". • Hidrociclón de 2". • Equipo de fertirrigación con depósito de 30l. • Filtro de malla de 170 mesh y 2" de diámetro • Contador de agua de chorro múltiple y 2" de diámetro. • Válvula de retención de 2" (2). • Válvula de alivio de 2" (2). 			
Total			1798,35 €

3.1.5. Equipo de bombeo

RESUMEN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
Bomba Ixo N 58	1 U	804,52€	804,53 €
Bomba centrífuga multicelular tipo monobloc montada en acero inoxidable			
Tubería de impulsión de PVC 50 mm	15 m	2,37 €	35,55 €
Tubería de PVC 50 mm de diámetro y presión nominal 7 atm.			
Total			840,08 €

3.1.6. Material vegetal

RESUMEN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	IMPORTE TOTAL
Plantón de Almendro, variedad Vairo sobre patrón GF-677.	324 U	2,15 €	696,60 €
Plantón de dos verdes ya injertado en maceta			
Total			696,60 €

4. PRESUPUESTO GENERAL

Concepto	
Movimiento de tierras	128,13 €
Tuberías	399,71 €
Goteros	71,40 €
Mecanismos	1798,35 €
Equipo de bombeo	840,08 €
Material vegetal	696,60 €
Total ejecución material	3934,27 €
6 % Beneficio industrial	236,06 €
13 % Gastos generales	511,45 €
21 % IVA	826,20 €
Total presupuesto ejecución por contrata	5507,98 €

El presupuesto general asciende a la expresada cantidad de:

CINCO MIL QUINIENTOS SIETE CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS DE
EURO

En Pamplona, a 13 de Junio de 2016